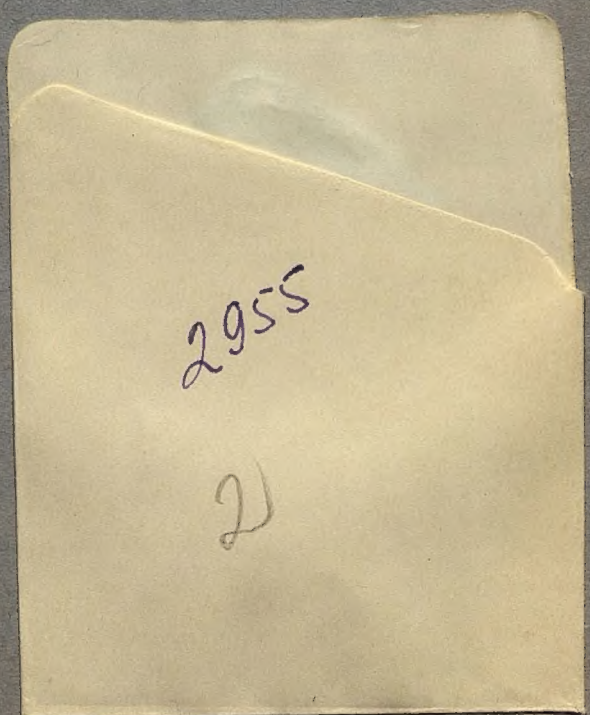
359 В1
В 36

Верховский, В.

О поворотливости судов


2955
21

MUSEO NACIONAL

Проверено | 2015

# О ПОВОРОТЛИВОСТИ СУДОВЪ

Вл. Верховскаго.

ПРОВЕРЕНО 51 г.

Чтенія происходившія въ Кронштадтѣ
зимою 1873 года.

ФИЛИАЛ Центральной ВМБ

САНКТПЕТЕРБУРГЪ.
1873.

35952.
В36
ПРОВЕРЕНО 1965

Печатано по распоряженію Морскаго Министерства.

# ОГЛАВЛЕНІЕ.


Стран.

Вступленіе . . . . . 1

Современное состояніе вопроса о поворотливости, по изслѣдованіямъ французскихъ офицеровъ Леваля и Бургуа . . . . . 3

Опыты надъ поворотливостью генералъ-адъютанта вице-адмирала Григорія Ивановича Бутакова . . . . . 5

Зависимость поворотливости отъ бокового сопротивленія самаго корабля вращенію и отъ силъ вращающихъ корабль . . . . 6

Линія, около которой происходитъ вращеніе корабля . . . . . 12

О двухъ родахъ вращающихъ силъ. . . . . 16

О дѣйствіи на руль воды отъ хода корабля. . . . . 30

Наивыгоднѣйшій уголъ руля . . . . . 33

О площади руля, на которую дѣйствуетъ вода отъ хода корабля . 35

О дѣйствіи на руль воды, отбрасываемой винтомъ. . . . . 36

Объ углѣ руля для удержанія одновинтового корабля на курсѣ и о вліяніи воды, отбрасываемой винтомъ на скорость поворота влѣво и вправо . . . . . 41

Объ уменьшеніи скорости хода корабля во время поворотовъ . . 46

О дрейфѣ корабля во время поворота. . . . . 48

О площади руля, подверженной дѣйствію винта. . . . . 52

О перемѣщеніи движущей силы при рулѣ на бортѣ . . . . . 54

Задній ходъ. . . . . 55

Стран.

О дѣйствіи руля при заднемъ ходѣ . . . . . 62

Средства къ управленію при заднемъ ходѣ . . . . . 64

Двухвинтовыя суда. . . . . 66

Чувствительность корабля къ рулю . . . . . 69

О кренѣ во время поворота . . . . . 71

Вліяніе вѣтра на поворотливость . . . . . 75

Вліяніе вѣтра на уклоненіе винтовыхъ судовъ и пароходовъ при заднемъ ходѣ . . . . . 78

Объясненіе кажущихся произвольныхъ уклоненій броненосныхъ судовъ послѣ остановки машины и почему нѣкоторые броненосцы съ остановленною машиною, имѣя передній ходъ, не слушаютъ руля . . . . . 83

Вращающія силы на судахъ, идущихъ подъ парусами и объ устойчивости кораблей на курсѣ . . . . . 86

Управленіе шлюпкою подъ парусами безъ руля . . . . . 91

Рули различныхъ системъ. . . . . 93

Форма и величина кривой поворота . . . . . 100

Практическіе результаты изслѣдованій качества поворотливости судовъ. . . . . 102

Таблица поворотливости строющагося корвета „Александръ Невскій“ . . . . . 107

Діаграмы поворотливости. . . . . 108

Таблица поворотливости нашихъ броненосныхъ судовъ и средства улучшить въ нихъ это качество. . . . . 112

# ВСТУПЛЕНІЕ.

Качество поворотливости, повидимому, настолько знакомо всякому плававшему на судахъ, что о немъ ничего уже нельзя сказать новаго. Однако эта успокоительная мысль сейчасъ исчезаетъ, какъ только мы вникнемъ нѣсколько глубже въ сущность вопроса. Можемъ ли мы, напримѣръ, сказать отъ какой формы обводовъ подводной части корабля зависитъ поворотливость? и при томъ какъ велико ихъ вліяніе? Можемъ ли мы, во избѣжаніе излишнихъ и часто неудачныхъ проектовъ рулей, выразить преимущество каждаго изъ нихъ въ числахъ? Можемъ ли мы объяснить причину всѣхъ явленій поворотливости? Можемъ ли знать степень поворотливости проектируемаго или строющагося еще корабля? Въ состояніи ли мы сказать, еще до производства опытовъ, что корабль, предполагаемый къ постройкѣ, будетъ описывать кривую въ 360°, при такихъ-то обстоятельствахъ, во столько-то минутъ? Къ сожалѣнію, на всѣ эти вопросы нужно отвѣчать отрицательно. А между тѣмъ, напримѣръ, очень важно знать, что корабль, выстроенный по чертежу, въ которомъ нѣтъ задатковъ къ поворотливости, останется неповоротливымъ, несмотря ни на какія старанія достаточно усилить въ немъ это качество. Если же разбираемый нами предметъ, настолько не разработанъ, то о немъ много можно еще сказать новаго, много остается еще потрудиться надъ разборомъ качества, которое можетъ сильно способствовать къ побѣдѣ. Въ моментъ боя, въ самую рѣшительную минуту, качество поворотливости выступаетъ на первый планъ, въ особенности въ сраженіи таранами. Эта серьезная

сторона поворотливости побудила насъ заняться ея разработкою. Произведенныя нами изслѣдованія и заключенія, къ которымъ онѣ насъ привели, мы не выдаемъ за окончательныя и математически точныя, но тѣмъ не менѣе думаемъ, что онѣ могутъ быть полезны, хотя бы съ отрицательной стороны. Предлагаемыя ниже объясненія не имѣютъ, пока, за собою силы физическихъ законовъ, но отъ совокупнаго содѣйствія служащихъ, зависитъ, чтобы честь открытія законовъ поворотливости принадлежала русскому флоту. Нація, которая первая дѣлаетъ открытія, которая прежде всѣхъ пользуется ими, идетъ впереди другихъ государствъ.

## Современное состояніе вопроса о поворотливости, по изслѣдованіямъ французскихъ офицеровъ Левали и Бургуа.

Изъ офицеровъ иностранныхъ флотовъ, болѣе другихъ занимались разработкою этого вопроса, какъ съ теоретической, такъ и съ практической стороны, французскіе офицеры Леваль и Бургуа.

Фрегатскій капитанъ Леваль, авторъ руководства для пальбы по невидимой комендорами цѣли, произвелъ значительное количество опытовъ надъ поворотливостью винтовыхъ судовъ. Къ сожалѣнію въ его опытахъ замѣчается большая односторонность, которая становится понятною, когда мы скажемъ, что г. Леваль стремился исключительно къ опредѣленію свойствъ кривой, описываемой кораблемъ и къ отысканію правилъ для ея вычерчиванія. Численныя величины, получаемыя изъ наблюденій, г. Леваль вводилъ въ различныя эмпирическія формулы, выводимыя не изъ математическаго анализа, но составляемыя и пригоняемыя имъ самимъ, для согласованія съ результатами опытовъ. Правда, г. Левалю иногда удавалось, по предварительнымъ вычисленіямъ, вычерчивать приближенную кривую циркуляціи, но только тѣхъ кораблей, надъ которыми онъ производилъ опыты и при томъ при совершенно подобныхъ обстоятельствахъ. Для другихъ же судовъ и при другихъ данныхъ, составленныя имъ формулы не даютъ никакого практи-

ческаго результата. Другой, и по нашему мнѣнію очень сильный, недостатокъ его опытовъ, заключается въ томъ, что почти всѣ они произведены при вѣтрѣ, часто довольно свѣжемъ, на волненіи и на теченіи. Отъ этого понятно, что наблюдаемый результатъ опытовъ надъ поворотливостью заключалъ въ себѣ, въ большой степени, постороннія вліянія, не относящіяся къ свойствамъ этого качества, зависящаго исключительно отъ самаго корабля. Хотя г. Леваль занимался изслѣдованіемъ циркуляціи, но у него нѣтъ опыта, который самъ напрашивается когда говорится о формѣ кривой. Это — оставлять руль на бортѣ, пока корабль сдѣлаетъ нѣсколько циркуляцій сряду и не получитъ равномѣрной вращательной скорости. За всѣмъ тѣмъ опыты г. Леваля составляютъ хорошій документъ, пригодный въ нѣкоторыхъ случаяхъ; ниже мы еще будемъ къ нему обращаться.

Другой французскій офицеръ, контръ-адмиралъ Бургуа, кажется, самъ не производилъ опытовъ, но его строго-научная теорія имѣетъ неоспоримое преимущество передъ формулами г. Леваля; но и Бургуа, подобно Левалю, не далъ средствъ къ выясненію тѣхъ вопросовъ, которые мы задали въ началѣ. Бургуа находитъ, что достоинство поворотливости лучше всего опредѣлять отношеніемъ радіуса циркуляціи къ полудлинѣ судна. Чтобы вычислить это отношеніе Бургуа, также какъ и Леваль, ввелъ коэффиціенты, выведенные изъ наблюденій нѣкоторыхъ судовъ, пригодные очевидно только развѣ къ этимъ судамъ. Когда же и при этомъ вычисленіе не согласовалось съ фактами, то Бургуа говорилъ, «чтобы вполнѣ согласить формулу съ замѣченными фактами, необходимо обоимъ, входящимъ въ составъ формулы, членамъ, дать тотъ же знаменатель и въ тоже время нѣсколько измѣнить нѣкоторые изъ коэффиціентовъ числителя». Несмотря однако на подобное измѣненіе цифръ, на ихъ подгонку, результатъ все же выходилъ не вполнѣ согласный съ опытами. Наконецъ, намъ кажется, что степень поворотливости судовъ гораздо яснѣе выражать во времени, въ которое корабль описываетъ циркуляцію.

На объясненія причинъ нѣкоторыхъ явленій поворотливости, приводимыхъ Бургуа, на объясненія, съ которыми мы не согласны, обратимъ вниманіе въ своемъ мѣстѣ.

## Опыты надъ поворотливостью генералъ-адъютанта вице-адмирала Григорія Ивановича Бутакова.

Главнымъ источникомъ, для изученія современнаго состоянія поворотливости, служатъ опыты, произведенные начальникомъ броненосной эскадры адмираломъ Г. И. Бутаковымъ. Разнообразіе и богатство произведенныхъ адмираломъ опытовъ, такъ велико, что къ нимъ нельзя приравнивать ни французскихъ, ни англійскихъ опытовъ по этой части. Адмиралъ производилъ свои наблюденія надъ пароходами, надъ отрядомъ капонерскихъ лодокъ, надъ эскадрой винтовыхъ кораблей и, наконецъ, надъ броненосной эскадрой. Въ методѣ Григорія Ивановича Бутакова замѣчается рѣзкое разграниченіе, при производствѣ опытовъ, для опредѣленія вліянія отъ различныхъ обстоятельствъ, дѣйствующихъ какъ внѣ, такъ и внутри корабля. Опыты эти пока еще не приведены въ систему, но и въ томъ видѣ, въ какомъ они встрѣчаются въ печати, они неоцѣнимы при изслѣдованіяхъ законовъ поворотливости. Достоинство опытовъ для практики и науки возростетъ еще болѣе, если будутъ пополнены тѣ небольшіе пробѣлы, которые въ нихъ замѣчаются. Напримѣръ, отсутствіе наблюденій надъ скоростью судовъ въ продолженіе самаго вращенія, такъ какъ извѣстно, что если корабль поворачиваетъ, положимъ при 10-ти узлахъ, то *скорость его, во время поворота*, значительно уменьшается и между прочимъ тѣмъ болѣе, чѣмъ на большій уголъ положенъ руль.

**Зависимость поворотливости отъ бокового сопротивленія самого корабля вращенію и отъ силъ, вращающихъ корабль.**

Вращеніе корабля, какъ всякое физическое явленіе, зависитъ отъ силъ препятствующихъ этому явленію и отъ силъ производящихъ его. Такимъ образомъ, по самой природѣ вещей, изслѣдованіе поворотливости подраздѣляется на два главныхъ отдѣла. Къ первому относится все, что мѣшаетъ повороту, а ко второму изученіе всѣхъ средствъ производящихъ поворотъ.

Первоначально будемъ разсматривать вращеніе винтового корабля при штилѣ, на спокойной водѣ, гдѣ нѣтъ ни зыби, ни теченія. При такихъ обстоятельствахъ вращенію корабля препятствуетъ: 1) боковое сопротивленіе воды на подводную часть, 2) площадь руля, 3) сопротивленіе воздуха на надводную часть.

Какъ при движеніи корабля, носомъ впередъ, сопротивленіе зависитъ отъ площади миделя и продольныхъ обводовъ корабля, такъ и при движеніи бокомъ сопротивленіе зависитъ отъ величины наибольшаго сѣченія, то-есть отъ площади діаметральной плоскости и отъ поперечныхъ обводовъ корабля. Чѣмъ меньше діаметральная плоскость, т.-е. чѣмъ меньше длина и глубина судна, тѣмъ меньше боковое сопротивленіе, тѣмъ меньше препятствій къ вращенію и тѣмъ, слѣдовательно, быстрѣе совершается поворотъ, при той же вращающей силѣ. Точно также, чѣмъ свободнѣе поперечные обводы судна уступаютъ движенію бокомъ, тѣмъ та же вращающая сила производитъ большее дѣйствіе. Изслѣдованія о сопротивленіи воды показали, что для *бокового* движенія необходимо, при томъ же водоизмѣщеніи, давать шпангоутамъ обводы настолько полные, чтобы средняя ихъ длина, по обводу, была, насколько возможно, больше, что достигается, если мы, уменьшая длину судна, согласно первому

условію, увеличимъ ширину и уменьшая глубину корабля, увеличимъ полноту всѣхъ шпангоутовъ.

Слѣдующее затѣмъ условіе, при той же ширинѣ и длинѣ корабля — уменьшать площадь грузовой ватерлиніи, имѣетъ значеніе, когда при этомъ водоизмѣщеніе носа и кормы можетъ быть еще увеличено, напримѣръ на судахъ, на которыхъ носовые и кормовые шпангоуты образуютъ дейдвуды. Можно раздвоеніе крайнихъ шпангоутовъ начать отъ верхней кромки киля и дать имъ такую площадь, которая была бы равна прежней, при подбористомъ образованіи, а тогда и ширина ея будетъ меньше (фигура 1). Но такъ какъ уменьшеніе площади грузовой ватерлиніи менѣе вліяетъ на боковое сопротивленіе, чѣмъ уменьшеніе длины, глубины и увеличеніе, то-есть удлиненіе обводовъ шпангоутовъ, то, не заботясь о площади грузовой ватерлиніи, обратимъ все вниманіе на наилучшее сочетаніе остальныхъ условій. Улучшая въ кораблѣ условія, для качества поворотливости, нужно сообразоваться въ то же время, чтобы не повредить остальнымъ качествамъ корабля. Главнѣйшія остальныя качества, которыя мы должны имѣть въ виду, суть: ходкость, остойчивость и плавучесть. Ходкость требуетъ, чтобы длина не превосходила ширины болѣе 6-ти разъ, иначе приращеніе скорости отъ остроты обводовъ будетъ меньше, чѣмъ вредъ отъ увеличивающейся поверхности корабля, о которую треніе воды станетъ поглощать, съ избыткомъ, весь выигрышекъ ходкости, пріобрѣтаемый отъ остроты ватерлиній, и длинный корабль, въ которомъ не соблюдено это условіе, не оправдаетъ ожиданій.

Такими намъ представляются длинные клипера «Алмазъ,» «Жемчугъ», «Изумрудъ» и «Яхонтъ». Для сравненія вреднаго вліянія излишней длины на ходкость клиперовъ, въ нашемъ флотѣ нѣтъ судовъ съ тѣмъ же углубленіемъ и тою же силою машины, какъ на клиперахъ. Другую серію судовъ съ умѣренною длиною составляютъ корветы «Варягъ», «Витязь», «Богатырь» и «Аскольдъ».

| | Во сколько разъ длина болѣе ширины. | Водоизмѣщеніе. | Сила машины. | Среднее углубленіе. | Скорость на пробной милѣ. |
|---|---|---|---|---|---|
| Корветъ „Витязь.“ | 5,73 | 2156 | 360 | 18 ф. 3 д. | 11,215 |
| Клиперъ „Алмазъ.“ | 7,788 | 1585 | 350 | 15 ф. 2 д. | 11,615 |

У корвета водоизмѣщеніе болѣе на 531 тонну, а машина, только на 10 силъ; но самая невыгодная сторона для корвета, при сравненіи съ клипером̀ъ,—это значительно большее углубленіе противъ клипера, на 3 фута и 1 дюймъ, что также какъ и излишняя длина чувствительно уменьшаетъ скорость, потому и *второе условіе для поворотливости* — уменьшеніе углубленія штевней — одинаково, если еще не болѣе, *существенно и для ходкости*, чѣмъ соблюденіе перваго условія, соразмѣрной длины корабля. Здѣсь для примѣра можно привести клипера.

| | Во сколько разъ длина болѣе ширины. | Водоизмѣщеніе. | Сила машины. | Среднее углубленіе. | Скорость на пробной милѣ. |
|---|---|---|---|---|---|
| „Гайдамакъ“ | 6,2 | 1069 | 250 | 10 ф. 8 д. | 10 |
| и | | | | | |
| „Всадникъ“ | 6,4 | 1094 | 350 | 12 ф. 9 д. | 9,05 |

Уменьшеніе углубленія штевней, при томъ же водоизмѣщеніи, той же ширинѣ и длинѣ, достигается большею полнотою

шпангоутовъ въ носовой и кормовой частяхъ, отчего чрезвычайно выигрываетъ плавучесть, то-есть то именно качество, которое необходимо судну на волненіи. Чѣмъ водоизмѣщеніе оконечностей ближе къ равенству съ ихъ вѣсомъ, какъ стѣнъ такъ и груза, тѣмъ легче всплываютъ онѣ на волну, тѣмъ нечувствительнѣе ударъ волны, тѣмъ меньше, слѣдовательно, она отнимаетъ ходу и тѣмъ спокойнѣе и быстрѣе бѣжитъ корабль, при той же движущей силѣ. О кораблѣ, обладающемъ плавучестью, по всей справедливости можно сказать, что онъ скользитъ по волнамъ. Средняя острота линій, столь важная для ходкости, останется та же, если увеличивъ водоизмѣщеніе носа и кормы, мы нѣсколько уменьшимъ водоизмѣщеніе миделеваго отсѣка, то-есть обводы среднихъ шпангоутовъ сдѣлаемъ не столь полными. Остойчивость также требуетъ уменьшенія глубины и острокильности по всей длинѣ.

Итакъ, мы видимъ, 1) что хорошая поворотливость требуетъ отъ корабля тѣхъ же условій, какъ и прочія главныя качества, и 2) что необходимость въ дейдвудѣ, какъ для поворотливости, такъ и для прочихъ достоинствъ корабля, о которыхъ мы упомянули, оказывается излишнею. О дейдвудѣ мы еще будемъ говорить. Понятно, что если задать себѣ идею создать судно, съ единственною цѣлью достигнуть въ немъ одного какого-нибудь качества въ высшемъ предѣлѣ, не обращая вниманія на остальныя требованія мореходнаго судна, то типъ судна выйдетъ нѣсколько иной противъ существующихъ. Здѣсь будетъ кстати указать на круглые мониторы генералъ-адъютанта вице-адмирала Андрея Александровича Попова. Въ его судахъ условія для поворотливости, со стороны формы подводной части, соблюдены вполнѣ.

У поповки уменьшена длина до равенства съ шириною. Подводная часть судна, представляя цилиндрическую поверхность съ небольшимъ закругленіемъ у плоскаго дна, дѣлаетъ обводы шпангоутовъ почти прямоугольниками. Плоское же дно, вмѣстѣ

съ цилиндрическою формою поверхности, придаетъ наименьшую глубину судну.

Наконецъ, въ поповкѣ соблюдены еще два условія для лучшей поворотливости, подъ винтомъ: на немъ нѣтъ дейдвудовъ и нѣтъ дифферента. Нельзя сомнѣваться, что, относительно поворотливости круглый мониторъ, *при той же вращающей силѣ*, превзойдетъ всѣ прочія суда.

Поворотливости вредитъ также присутствіе киля, гдѣ бы онъ ни былъ, хотя внизу болѣе чѣмъ съ боку; но киль необходимъ для устойчивости на курсѣ. Итакъ, для наилучшей поворотливости корабля, при данномъ водоизмѣщеніи и соблюденіи условій для прочихъ морскихъ качествъ, требуется: 1) наименьшее углубленіе, 2) чтобы длина не превосходила ширины болѣе шести разъ, 3) увеличеніе водоизмѣщеній носа и кормы, то-есть плавучести оконечностей, 4) отсутствіе дейдвудовъ, 5) при той же ширинѣ уменьшеніе площади грузовой, но не въ ущербъ водоизмѣщенію оконечностей.

*Второе препятствіе вращенію* представляетъ площадь руля. Руль, выведенный изъ діаметральной плоскости, принимая на себя ударъ воды и тѣмъ производя вращеніе, въ то же время, противоположною своею стороною препятствуетъ повороту и тѣмъ больше, чѣмъ больше его площадь, чѣмъ на меньшій уголъ руль положенъ, чѣмъ быстрѣе совершается вращеніе и чѣмъ онъ дальше помѣщенъ отъ форштевня при переднемъ ходѣ, или отъ ахтерштевня при заднемъ ходѣ. Изъ всѣхъ названныхъ обстоятельствъ, при которыхъ возрастаетъ вредъ, наносимый рулемъ вращенію, нельзя ни одного уменьшить безъ чувствительнаго уменьшенія самой вращающей силы.

Чтобы яснѣе видѣть, какъ велико сопротивленіе руля вращенію, возьмемъ примѣръ для фрегата «Дмитрій Донской». При 8-ми узлахъ хода, уголъ руля въ 23° и площади его въ 140,5 квадр. футъ, дѣйствіе на руль воды равнялось всего 7,4 паровой лошади. Очевидно, что эта цифра была бы ничтожна, если бы ея дѣйствіе ограничивалось этою величиною, но при

вращеніи корабля съ передняго хода, центръ, или линія вращенія, находится далеко впереди миделя, а потому противодѣйствіе руля вращенію выразится произведеніемъ 7,4 на разстояніе до центра вращенія, что составитъ около 2037 футо-паровыхъ лошадей.

Боковое же сопротивленіе воды вращенію на самый фрегатъ равно 11791 футо-паровыхъ лошадей; слѣдовательно все противодѣйствіе вращенію, какъ со стороны самого фрегата, такъ и руля, равнялось 13828 футо-пар. силъ. Фрегатъ на этомъ опытѣ сдѣлалъ полный поворотъ въ 8 минутъ 39 секундъ; если бы руля не было вовсе, а величина вращающей силы оставалась бы та же, то фрегатъ, при тѣхъ же обстоятельствахъ, описалъ бы циркуляцію почти въ 7 минутъ 10 секундъ. Изъ этого примѣра видно, насколько плоскости, какъ напримѣръ дейдвуды, неограниченныя кривыми поверхностями, вредятъ поворотливости. Въ приведенномъ примѣрѣ противодѣйствіе воды вращенію, на каждый квадратный футъ прямой плоскости, почти въ 3,6 раза *) болѣе чѣмъ на кривую поверхность, какою представляется подводная часть корабля. При болѣе быстрыхъ поворотахъ, эта дурная сторона руля и дейдвуда дѣлается еще чувствительнѣе.

Понятно, что при увеличеніи тѣхъ обстоятельствъ, о которыхъ мы упомянули выше, противодѣйствіе руля будетъ возростать, и къ сожалѣнію на одновинтовыхъ судахъ мы ничего не можемъ предпринять противъ этого. На судахъ же двухвинтовыхъ, при поворотѣ двумя винтами, вредное дѣйствіе руля можетъ быть уничтожено, если мы поставимъ его подъ угломъ $90^0$, тогда движенію кормы руль представитъ только

*) Діаметральная плоскость на фрегатѣ равна 5875 квадр. футамъ, площадь руля 140,5 и сопротивленіе его вращенію, во взятомъ примѣрѣ, равняется 7,4 пар. лош., а потому 140,5 : 7,4 = 5875 : ($x$ = 309,5 пар. силъ); но какъ боковое сопротивленіе воды вращенію на всю подводную часть есть 85,1 пар. лош., то значитъ, противодѣйствіе подводной части, представляющей изъ себя кривую поверхность, въ $\frac{309,5}{81,5}$ = 3,6 разъ менѣе, чѣмъ если бы она была плоскостью.

свой вертикальный разрѣзъ, отчего быстрота поворота безъ сомнѣнія выиграетъ. Такъ на «Смерчѣ» при поворотѣ двумя винтами, когда они работаютъ съ силою, дающею двухбашенной лодкѣ $8^1/_4$ узловъ, полный поворотъ совершается, при рулѣ прямо, въ 6 м. 8 сек.; если же руль клался бы на $90^c$ или и вовсе убирался, то полная циркуляція была бы описана скорѣе, а именно почти въ 5 м. 7 сек. О дѣйствіи рулемъ, при поворотѣ двумя винтами, скажемъ въ своемъ мѣстѣ, теперь же прибавимъ, что суда, имѣющія рули на форъ и ахтерштевняхъ, должны точно также, при поворотахъ, руль, остающійся въ бездѣйствіи вдвигать или класть на $90^c$, чтобы онъ не препятствовалъ вращенію корабля. Понятно, что вредное дѣйствіе руля, на различныхъ судахъ и при различныхъ обстоятельствахъ, будетъ вліять различно на быстроту поворота. Изъ всего сказаннаго, повторимъ еще разъ, слѣдуетъ, что всякія плоскости какъ дейдвуды, дѣйствуютъ вредно на поворотливость, въ особенности потому, что рычагъ силы бокового сопротивленія на нихъ воды, очень значителенъ.

*Третье препятствіе вращенію — сопротивленіе воздуха*, настолько ничтожно, въ сравненіи съ первыми двумя, что мы оставляемъ его безъ разсмотрѣнія, тѣмъ болѣе что недостатокъ наблюденій надъ работою, производимою движеніемъ воздуха, не позволяетъ выводить довольно точныхъ цифръ, относящихся къ этому вопросу.

Сказавъ о томъ, что препятствуетъ повороту корабля, перейдемъ къ разсмотрѣнію средствъ, вращающихъ корабль и прежде всего поговоримъ о линіи, около которой вращается корабль. Даже приближенное рѣшеніе этого вопроса позволитъ намъ опредѣлить почти всю сущность поворотливости.

### Линія, около которой происходитъ вращеніе корабля.

Измѣнить положеніе корабля, находящагося въ покоѣ, можно прикладывая силу къ форштевню или къ ахтерштевню, или

къ какой-нибудь точкѣ между ними, но мы возьмемъ болѣе характеристическую изъ нихъ—центръ тяжести. Безъ всякихъ опытовъ и безъ вычисленій понятно, что послѣдній способъ, то-есть приложеніе силы, для поворота корабля, къ центру тяжести, есть наиболѣе неудобный и самый невыгодный; очевидно потому, что въ центрѣ тяжести сосредоточивается вся сила тяжести, а слѣдовательно эта точка представляетъ и наибольшее сопротивленіе къ измѣненію своего положенія. Положимъ, что корабль, отъ какихъ бы то ни было силъ, направленныхъ перпендикулярно къ діаметральной плоскости и приложенныхъ къ штевнямъ, сталъ вращаться. Если центръ тяжести труднѣе всѣхъ остальныхъ точекъ уступаетъ постороннему усилію, то конечно и перемѣщеніе его, въ сравненіи съ перемѣщеніемъ другихъ точекъ, въ случаѣ вращенія корабля на мѣстѣ, то-есть безъ движенія впередъ или назадъ, будетъ наименьшее, слѣдовательно и линія, около которой поворачивается корабль будетъ если не въ центрѣ тяжести, то не далеко отъ него. Если же приложить силу въ самомъ центрѣ тяжести, то корабль можетъ или двигаться только бокомъ, или вращаться. Если боковое сопротивленіе воды, на всю носовую часть, будетъ совершенно равно боковому сопротивленію воды на всю кормовую часть, или, слѣдовательно, когда центръ сопротивленія воды находится въ плоскости перпендикулярной къ діаметральной и проходящей черезъ центръ тяжести, то очевидно, что корабль станетъ двигаться только бокомъ нисколько не вращаясь. Если же боковое сопротивленіе воды на кормовую часть, менѣе или болѣе чѣмъ на носовую, то корабль станетъ вращаться. При этомъ наибольшее противодѣйствіе къ измѣненію мѣста представляетъ точка, въ которой сосредоточена вся сила бокового сопротивленія воды на подводную часть, а потому понятно, что вращательное движеніе этой точки, то-есть центра бокового сопротивленія будетъ медленнѣе всѣхъ остальныхъ и слѣдовательно линія, около которой вращается корабль, будетъ въ центрѣ бокового сопротивленія или, говоря вообще, линія вращенія,

въ этомъ послѣднемъ случаѣ, будетъ въ очень близкомъ отъ него разстояніи. Отсюда мы видимъ, что вращеніе корабля около линіи, проходящей черезъ самый центръ тяжести, можетъ быть только случайное, хотя надо замѣтить, что при вращеніи корабля безъ движенія его впередъ или назадъ, то-есть безъ переднаго или заднаго хода, центръ бокового сопротивленія лежитъ не въ дальнемъ разстояніи отъ вертикальной линіи, проходящей черезъ центръ тяжести. На судахъ же не имѣющихъ дифферента разстояніе это еще меньше, а на такихъ, у которыхъ подводныя части носа и кормы совершенно однообразны и равны, какъ на поповкахъ, центръ тяжести и центръ бокового сопротивленія находятся въ одной плоскости перпендикулярной къ діаметральной. Мы говорили о линіи вращенія, когда корабль поворачиваетъ не имѣя ни заднаго, ни переднаго хода. Какая же точка корабля, при его движеніи по курсу, представляетъ наибольшее затрудненіе постороннему усилію для перемѣны направленія движенія корабля? При движеніи по курсу, корабль преодолѣваетъ сопротивленіе воды. Эта сила сопротивленія, точно также какъ и сила тяжести, сосредоточивается въ одной точкѣ, называемой *центромъ сопротивленія*. Понятно, что эту точку, движущагося по извѣстному направленію корабля, труднѣе всѣхъ остальныхъ точекъ заставить измѣнить это направленіе, а потому если какая-нибудь сила будетъ стремиться перемѣнить курсъ корабля, то центръ сопротивленія послѣ всѣхъ точекъ уступитъ этому стремленію. Отсюда заключаемъ, что и центръ вращенія, то-есть такая точка, которая остается или вовсе неподвижною, или только относительно неподвижною, или движущаяся тише всѣхъ остальныхъ точекъ, находится въ центрѣ сопротивленія, т.-е. во всякомъ случаѣ центръ сопротивленія и центръ вращенія отстоятъ на близкое разстояніе другъ отъ друга. Замѣтимъ, что пока корабль не имѣетъ крена, онъ, строго говоря, вращается около линіи, а не около точки. Гдѣ же находится центръ сопротивленія при переднемъ ходѣ? Наука и самое наглядное раз-

сужденіе говорятъ, что *въ передней части корабля*, то-есть *впереди миделя*, слѣдовательно и корабль при переднемъ ходѣ вращается около линіи, находящейся впереди миделя. При внимательномъ наблюденіи, за движеніемъ носа и кормы во время поворотовъ, можно замѣтить, что вращеніе происходитъ не далеко отъ форштевня; для насъ впрочемъ пока совершенно достаточно того убѣжденія, что центръ сопротивленія, а съ нимъ и линія вращенія при переднемъ ходѣ находятся впереди мидель-шпангоута. Но если при переднемъ ходѣ центръ сопротивленія лежитъ впереди миделя, то при заднемъ ходѣ онъ лежитъ сзади миделя и при томъ непремѣнно также близко или можетъ быть и ближе къ ахтерштевню, чѣмъ при переднемъ къ форштевню, во-первыхъ, потому что сопротивленіе на кормовую часть, при заднемъ ходѣ, увеличивается присутствіемъ всей поверхности винта и, во-вторыхъ, тѣмъ, что вода, отбрасываемая винтомъ, при заднемъ ходѣ, ударяетъ въ кормовые обводы у передняго ахтерштевня, чего при переднемъ ходѣ не бываетъ съ носовыми обводами, встрѣчающими напоръ воды только вслѣдствіе хода корабля. Итакъ, вотъ одно изъ тѣхъ новыхъ началъ, которыми, самымъ естественнымъ путемъ, объясняются всѣ свойства и законы качества поворотливости судовъ. Дальнѣйшія заключенія о мѣстѣ линіи вращенія при различныхъ обстоятельствахъ уже легко выводятся изъ основного начала. Если корабль, идя переднимъ ходомъ, дастъ машинѣ задній ходъ, то, какъ мы уже сказали, пока есть передній ходъ, центръ сопротивленія и центръ вращенія находятся впереди миделя; когда же корабль возьметъ задній ходъ, то обѣ эти точки окажутся сзади миделя; но спрашивается, какъ же совершится это перемѣщеніе центровъ сопротивленія и вращенія, можетъ быть на разстояніи въ сотни футъ? Въ природѣ, какъ извѣстно, вдругъ ничего не бываетъ, во всѣхъ явленіяхъ, какою бы онѣ скоростью ни обладали, между ихъ началомъ и концомъ заключается большій или меньшій промежутокъ времени.

Распространеніе свѣта и электричества требуетъ тоже времени, а потому и перемѣщеніе центра сопротивленія и линіи вращенія съ передней части корабля въ кормовую, при перемѣнѣ движенія тоже требуетъ времени и совершается постепенно, по мѣрѣ измѣненія одного хода на другой. Поэтому слѣдуетъ заключить, что съ уменьшеніемъ хода центръ сопротивленія подвигается назадъ; въ моментъ покоя, то-есть при отсутствіи какъ передняго такъ и задняго хода, центръ сопротивленія воды на корабль лежитъ на вертикальной оси, проходящей черезъ центръ тяжести. Какъ только корабль начинаетъ двигаться назадъ, такъ и центръ сопротивленія начинаетъ переходить въ сторону движенія. Теперь мы пришли къ другому выводу, что мѣсто центра сопротивленія, а слѣдовательно и линіи вращенія находится тѣмъ ближе къ штевнямъ, чѣмъ больше ходъ или, обратно, линія вращенія тѣмъ ближе къ миделю, чѣмъ меньше ходъ. Здѣсь замѣтимъ, что *при той же вращающей силѣ*, вращеніе будетъ тѣмъ быстрѣе, чѣмъ центръ вращенія ближе къ центру тяжести, или къ центру сопротивленія при спокойномъ состояніи корабля; это явленіе отчасти понятно и потому, что въ этомъ случаѣ діаметръ циркуляціи равенъ длинѣ судна, то-есть наименьшій изъ всѣхъ возможныхъ и обратно, чѣмъ центръ вращенія ближе къ штевнямъ, тѣмъ быстрота вращенія, *при той же вращающей силѣ*, меньше. Справедливость нашихъ выводовъ мы подтвердимъ опытомъ съ броненосной эскадры, но прежде должны сказать вообще о силахъ вращающихъ корабль и о дѣйствіи воды, отбрасываемой винтомъ.

### О двухъ родахъ вращающихъ силъ.

Силы вращающія корабль, строго говоря, имѣютъ только два направленія: 1) параллельное діаметральной плоскости, и 2) перпендикулярное къ ней. Третій случай, когда направленіе силы составляетъ съ діаметральною плоскостью какой-нибудь

Филиал Центральной ВМБ



уголъ, въ сущности принадлежитъ къ одному изъ первыхъ двухъ или къ обоимъ вмѣстѣ. Напомнимъ, что если сила дѣйствующая на корабль вращаетъ его, то она необходимо дѣйствуетъ на какой-нибудь рычагъ и дѣйствіе выражается произведеніемъ изъ ея величины на длину рычага, что и составляетъ моментъ силы.

*Направленіе вращающей силы, параллельное діаметральной плоскости.* Положимъ, что двухвинтовое судно, имѣя лѣвую машину застопоренною, дало правой машинѣ передній ходъ. Отъ этого судно покатится носомъ влѣво. Здѣсь работа винта есть сила, имѣющая направленіе параллельное діаметральной плоскости, и какъ при такомъ дѣйствіи винта происходитъ вращеніе, слѣдовательно существуетъ рычагъ, на который дѣйствуетъ сила праваго винта. Одинъ конецъ этого рычага очевидно есть точка приложенія силы самого винта, а другой? Вспомнимъ, что мы сказали о подвижности каждой изъ точекъ корабля при вращеніи. Какая изъ нихъ менѣе всего уступаетъ внѣшнему напряженію?—центръ сопротивленія, который, повторимъ, при кораблѣ не имѣющемъ крена находится въ діаметральной плоскости; а потому пусть сила сопротивленія воды будетъ приложена гдѣ-нибудь впереди миделя. Замѣтимъ, что свойство силы не измѣняется отъ перемѣщенія точки ея приложенія по направленію самой силы; точку приложенія силы винта перенесемъ по тому же направленію до линіи перпендикулярной къ діаметральной плоскости и идущей отъ центра сопротивленія (фигура 2). Теперь видно, что рычагъ вращенія есть разстояніе центра праваго винта отъ діаметральной плоскости *) и такъ какъ онъ идетъ поперегъ корабля, то по его направ-

*) Собственно говоря, здѣсь образуется пара силъ, дѣйствующихъ на два рычага и общая точка приложенія послѣднихъ, то-есть центръ вращенія будетъ между силами: сопротивленія воды на корабль и движущею или вращающею силою винта. Но сумма этихъ моментовъ составляетъ величину того момента, который мы взяли. Для удобства же разбора предпочтительнѣе брать вращающую силу и сумму рычаговъ, то-есть разстояніе между приложеніемъ силы и центромъ вращенія.

Библиотека Отдѣла Главнаго Морского Штаба РККФ No

ленію и самый вращающій моментъ назовемъ *поперечно-вращающимъ моментомъ*. Чтобы лучше выяснить себѣ значеніе этого поперечно-вращающаго момента, остановимся на немъ нѣсколько долѣе. Если лѣвому винту дать задній ходъ, то онъ точно также будетъ дѣйствовать на рычагъ, равный разстоянію отъ его центра до діаметральной плоскости, но уже, понятно, въ обратную сторону, или относительно вращенія, то-есть уклоненія передней части судна, въ ту же сторону. Такимъ образомъ вращающій моментъ, на двухвинтовомъ суднѣ, равенъ суммѣ поперечно-вращающихъ моментовъ каждаго винта.

На этомъ основаніи дѣйствіе поперечно-вращающаго момента будетъ одинаково: a) если вмѣсто двухъ винтовъ мы будемъ дѣйствовать однимъ винтомъ, но съ силою равною двумъ винтамъ, или b) если дѣйствуя однимъ винтомъ отнесемъ его отъ діаметральной плоскости на разстояніе вдвое большее; разстояніе же боковыхъ винтовъ отъ діаметральной плоскости зависитъ отъ техническихъ данныхъ, которыхъ на выстроенномъ кораблѣ уже нельзя измѣнять. Хотя во всѣхъ трехъ случаяхъ поперечно вращающій моментъ будетъ тотъ же, но быстрота поворота будетъ различная. Говоря о вліяніи мѣста центра вращенія на быстроту поворота мы замѣтили, что чѣмъ линія, около которой вращается корабль, далѣе отъ штевней, тѣмъ скорость поворота быстрѣе. Здѣсь когда дѣйствуютъ однимъ винтомъ впередъ, а другимъ назадъ, корабль движется впередъ медленно или даже вовсе не движется, а потому центръ сопротивленія, слѣдовательно и центръ вращенія наиболѣе удалены отъ штевней. При дѣйствіи однимъ винтомъ, но съ силою равною двумъ винтамъ, въ первомъ случаѣ, движущая сила будетъ полная, отчего центръ сопротивленія, а съ нимъ и центръ вращенія приблизится, значительно, къ одному изъ штевней, смотря потому на передній или на задній ходъ будетъ работать винтъ. Вслѣдствіе того, что корабль станетъ вращаться у линіи болѣе близкой къ штевню, время поворота, несмотря на ту же величину поперечно вращающаго момента,

будетъ больше. Наконецъ, въ третьемъ случаѣ, когда, работая однимъ винтомъ съ первоначальною силою, отнесемъ его на двойное разстояніе отъ діаметральной плоскости, движущая сила будетъ вдвое менѣе чѣмъ во второмъ, но несравненно болѣе чѣмъ въ первомъ, а потому центръ вращенія будетъ между центрами вращеній первыхъ двухъ случаевъ, слѣдовательно и поворотъ совершится медленнѣе, чѣмъ при работѣ обоими винтами на передній и задній ходъ, и быстрѣе чѣмъ при работѣ однимъ винтомъ съ двойною силою.

Если въ одновинтовомъ суднѣ, при движеніи по курсу, мы, такъ или иначе, образуемъ поперечный рычагъ, тѣмъ, что центръ сопротивленія перенесемъ изъ діаметральной плоскости, напримѣръ въ лѣвую сторону, то винтъ сдѣлается вращающею силою, которая, вслѣдствіе образовавшагося рычага, заставитъ уклониться корабль влѣво. Чтобы перенести центръ сопротивленія изъ діаметральной плоскости, стоитъ только нарушить симметричность правой и лѣвой сторонъ. Напримѣръ, если мы выдвинемъ плоскость перпендикулярно длинѣ корабля съ лѣвой стороны, то очевидно, что сопротивленіе воды на лѣвую сторону корабля будетъ болѣе чѣмъ на правую, а потому и общая сила сопротивленія пройдетъ по лѣвой сторонѣ, слѣдовательно и центръ сопротивленія, къ которому приложена эта сила, будетъ тоже на лѣвой сторонѣ. Движитель же остался въ діаметральной плоскости, вслѣдствіе чего образуется пара силъ, которую мы можемъ разсматривать какъ одинъ поперечно вращающій моментъ, равный произведенію изъ силы движителя на поперечный рычагъ.

Положимъ, что, при какой-нибудь скорости, корабль выдвинулъ съ боку прямоугольную плоскость и положимъ, что сопротивленіе воды на эту плоскость также велико, какъ сопротивленіе на самый корабль. Тогда равнодѣйствующая этихъ обѣихъ сопротивленій пройдетъ по серединѣ между ними, то-есть отстояніе ея отъ діаметральной плоскости будетъ половина полуширины корабля вмѣстѣ съ полушириною выдвинутой плоскости.

Если ширина корабля 40 футъ, а выдвижной плоскости 8 футъ, то, при взятомъ нами условіи, поперечный рычагъ будетъ 24 фута. Если же сопротивленіе воды на плоскость менѣе сопротивленія воды на корабль, то точка приложенія общей силы сопротивленія будетъ ближе къ діаметральной плоскости и притомъ вотъ въ какомъ отношеніи: если сопротивленіе на выдвинутую плоскость вдвое менѣе сопротивленія на корабль, то поперечный рычагъ будетъ только $^1/_3$ разстоянія между діаметральною плоскостью и среднею шириною выдвижной плоскости; то-есть въ нашемъ второмъ примѣрѣ 16 футъ. Если сопротивленіе на выдвинутую плоскость будетъ въ 10 разъ менѣе сопротивленія воды на корабль, то поперечный рычагъ будетъ $^1/_{11}$ этого разстоянія, то-есть почти 4 фута 8 дюймовъ. Самыя элементарныя выкладки могутъ убѣдить, что сопротивленіе воды на выдвижную плоскость вообще очень незначительно. Такъ, напримѣръ, еслибы на фрегатѣ «Дмитрій Донской» сбоку его выдвинуть плоскость, равную нижней части площади задняго руля, то-есть въ 47 квадр. футъ, то сопротивленіе на нее составило бы всего около $^1/_3$ сопротивленія на корабль, а поперечный рычагъ былъ бы равенъ 28-ми футамъ *). Но, спрашивается, въ состояніи ли выдвижная плоскость выдерживать такое громадное давленіе, напримѣръ при 10 узлахъ въ 330 паровыхъ лошадей? Мы полагаемъ, что съ технической стороны, для предохраненія отъ поломки плоскости, выдерживающей подобное давленіе и для ея выдвиганія потребовалось бы такое устройство, что пришлось бы сократить размѣры плоскости; уменьшеніе же размѣровъ повело бы къ уменьшенію поперечно вращающаго рычага. Но и при такой громадной плоскости какую мы предположили для фрегата, скорость вращенія была бы въ три раза меньше чѣмъ при обыкновенномъ рулѣ, положенномъ на уголъ отъ 30° до 35°.

Намъ извѣстны три случая производства опытовъ надъ боковы-

*) Сопротивленіе воды на фрегатъ при 10 узлахъ равно 998 пар. силъ.

ми рулями. Адмиралъ Григорій Ивановичъ Бутаковъ производилъ опыты надъ канонерскими лодками. Англичане пробовали опускать поперечныя плоскости въ кормѣ, и такъ какъ корабль почти не вращался, то плоскости были оставлены. Послѣ сдѣланнаго сейчасъ объясненія легко понять, почему опускныя поперечныя плоскости англичанъ не дали результата а именно вслѣдствіе слишкомъ малаго удаленія ихъ отъ діаметральной плоскости, поперечный рычагъ выходилъ чрезвычайно малымъ. Третьи извѣстные намъ опыты были произведены на круглой шлюпкѣ, имѣвшей въ діаметрѣ 24 фута. Плоскость выдвигалась на концѣ діаметра. Ширина ея была 17 дюймовъ, а глубина 26 дюймовъ, что составляетъ около 3 квадр. футъ. Дѣйствіе ея при всѣхъ скоростяхъ оказалось равное нулю. Наибольшая скорость шлюпки на опытахъ была 4,5 узловъ. Нужно замѣтить, что первое обнаруженіе дѣйствія боковой плоскости заключается въ томъ, что она уменьшаетъ ходъ. На опытахъ въ данномъ случаѣ этого замѣчено не было, слѣдовательно сопротивленіе воды на выдвижную плоскость, въ сравненіи съ сопротивленіемъ на самую шлюпку, было ничтожно, и слѣдовательно поперечный рычагъ былъ настолько малъ, что дѣйствіе на него всего движителя составляло такой незначительный вращающій моментъ, который былъ не въ состояніи преодолѣть посторонннхъ вліяній, каково, напримѣръ, не-математически равное дѣйствіе винтовъ. Сдѣлать большую плоскость мѣшало внутренне расположеніе угольныхъ ящиковъ, да наконецъ это, какъ видѣли, все равно не дало бы сколько-нибудь удовлетворительныхъ результатовъ. Итакъ, второй способъ образовывать поперечный рычагъ вращенія, перенесеніемъ центра сопротивленія изъ діаметральной плоскости, не имѣетъ за собою никакихъ выгодъ и потому боковыя выдвижныя плоскости, какъ средство вращенія, должны быть оставлены совсѣмъ. Понятно, что если корабль укрѣпить за одну точку въ пересѣченіи грузовой ватерлиніи съ обводомъ миделя и дать ходъ машинѣ, то поперечный рычагъ будетъ вся по-

луширина корабля и вращеніе совершится также быстро, какъ бы работали двумя винтами, суммою равною одному заднему и отнесенному отъ діаметральной плоскости на половину ширины. Если на кораблѣ, идущемъ по курсу, произвести кренъ напримѣръ, на правую сторону, то симметричность будетъ нарушена и при томъ сопротивленіе воды на правую сторону будетъ больше чѣмъ на лѣвую, отчего и центръ сопротивленія перейдетъ на правую сторону и тѣмъ образуетъ поперечный рычагъ вращенія, дѣйствуя на который, движитель, оставшійся въ діаметральной плоскости, заставитъ судно уклоняться носомъ въ правую сторону. Для противодѣйствія этому понадобится выводить руль изъ діаметральной плоскости, а руль, много ли мало ли, задерживаетъ ходъ. На винтовыхъ судахъ искусственный кренъ можетъ иногда напротивъ способствовать тому, чтобы руль если и не ходилъ бы вполнѣ прямо, то все же составлялъ меньшій уголъ съ діаметральною плоскостью для удержанія корабля на курсѣ. Въ самомъ дѣлѣ извѣстно, что корабли съ винтомъ, вращающимся какъ на русскихъ судахъ, при рулѣ прямо, уклоняются въ штиль *влѣво*; слѣдовательно, для удержанія на курсѣ приходится держать перо руля на правомъ бортѣ. Если же вмѣсто того, чтобы класть руль, мы произведемъ кренъ на правый бортъ, то произведемъ поперечно вращающій моментъ, который будетъ стремиться уклонить корабль вправо и если это стремленіе, вслѣдствіе крена, сдѣлается равнымъ тому, которое заставляетъ наши винтовыя суда уклоняться влѣво, то очевидно, что корабль будетъ идти по курсу не уклоняясь ни влѣво ни вправо, и въ тоже время будетъ имѣть руль прямо. Понятно, что мы не предлагаемъ этого средства для удержанія винтовыхъ кораблей на курсѣ, но изъ сдѣланнаго вывода слѣдуетъ, что для нашихъ винтовыхъ судовъ кренъ на лѣвую сторону вреднѣе для хода, чѣмъ на правую. Во всякомъ случаѣ, было бы чрезвычайно интересно замѣтить, какой величины кренъ на правый бортъ позволяетъ держать руль прямо при штилѣ и на тихой водѣ. На паруc-

ныхъ судахъ съ марселями, движитель находится на навѣтренной сторонѣ. Кренъ на подвѣтренную сторону образуетъ поперечный рычагъ, дѣйствуя на который вѣтеръ стремится уклонить корабль подъ вѣтеръ, то-есть противодѣйствуетъ рыскливости. Слѣдовательно съ этой стороны кренъ подъ парусами не вреденъ, но за то онъ вредитъ повороту оверштагъ и всѣмъ другимъ качествамъ корабля. Кренъ точно также уменьшаетъ движущую силу парусовъ, и вредъ отъ одного этого обстоятельства превосходитъ его пользу для уменьшенія рыскливости. На гребныхъ судахъ подъ парусами движитель находится съ подвѣтра и кренъ скорѣе способствуетъ рыскливости, чѣмъ уменьшаетъ ее, такъ что для шлюпокъ кренъ вреденъ и съ этой стороны, не говоря уже о потерѣ полезной силы вѣтра; поэтому тѣ, которымъ нравится кренъ и которые не стараются его уменьшать или уничтожать, намѣренно уменьшаютъ скорость шлюпки.

Пароходъ при кренѣ, работая однимъ колесомъ болѣе чѣмъ другимъ, порождаетъ тѣмъ самымъ поперечно вращающій моментъ, у котораго рычагъ есть разстояніе отъ центра колеса до діаметральной плоскости, вращающая же сила есть избытокъ работы одного колеса передъ другимъ. Въ этомъ случаѣ пароходъ подобенъ двухвинтовому судну, когда винты работаютъ неравномѣрно. Неравномѣрная гребля на шлюпкѣ производитъ тоже поперечно вращающій моментъ, у котораго поперечный рычагъ есть разстояніе между центромъ лопасти весла и діаметральною плоскостью, а вращающая сила—избытокъ работы веселъ одной стороны передъ другою. Руль положенный на $90^0$ есть не что иное, какъ выдвижная плоскость, но въ ближайшемъ разстояніи отъ діаметральной плоскости, а потому поперечный рычагъ вращенія будетъ наименьшій и если при этомъ вообще происходитъ иногда вращеніе, то потому, что сопротивленіе на шлюпку обыкновенной конструкціи и сопротивленіе на весь руль, не такъ рѣзко отличаются между собою, какъ на круглыхъ шлюпкахъ. Въ самомъ дѣлѣ, чѣмъ при

той же скорости и той же величинѣ выдвижной плоскости, сопротивленіе воды на шлюпку менѣе, тѣмъ больше рычагъ поперечнаго вращенія, но какъ мы видѣли онъ чрезвычайно малъ, когда его образуютъ перемѣщеніемъ центра сопротивленія, или говоря проще, нарушеніемъ симметричности обѣихъ сторонъ корабля. Такое же незначительное вліяніе окажетъ поперечно вращающій моментъ, если вмѣсто выдвижной плоскости поставить винтъ, дающій работу, соотвѣтствующую величинѣ сопротивленія воды на плоскость; тогда равнодѣйствующая сила перейдетъ въ сторону бокового винта, въ томъ же отношеніи какъ и передвиженіе центра сопротивленія при выдвижной плоскости. Разница будетъ въ томъ, что корабль будетъ уклоняться въ сторону обратную той, на которой дѣйствуетъ боковой винтъ и притомъ нѣсколько скорѣе.

Когда пароходъ беретъ на буксиръ корабль, становясь съ боку, тогда тоже образуется для парохода поперечный рычагъ вращенія, равный разстоянію между его діаметральною плоскостью и общимъ центромъ сопротивленія на оба судна. Рычагъ этотъ, если сопротивленіе на взятое на буксиръ судно болѣе самого парохода, будетъ болѣе полуширины парохода, а если менѣе, то менѣе полуширины его.

Небольшое уклоненіе руля отъ прямого положенія на буксирующемъ суднѣ, уничтожаетъ дѣйствіе поперечно вращающаго момента, и пароходъ вмѣстѣ съ буксируемымъ кораблемъ идетъ по курсу.

Разобравъ поперечно вращающій моментъ, мы приходимъ къ заключенію, что величина его, главнымъ образомъ зависитъ отъ величины рычага, который даже въ двухвинтовыхъ судахъ не превышаетъ полуширины корабля, и чтобы поперечно вращающій моментъ производилъ довольно скорое вращеніе, нужно, чтобы вращающая сила равнялась всему движителю, а поперечный рычагъ былъ не менѣе полуширины корабля.

*О вращающей силѣ, когда направленіе ея перпендикулярно къ діаметральной плоскости.* И здѣсь мы начнемъ съ той же

аксіомы, что если сила, дѣйствующая на корабль, производитъ вращеніе, то значитъ существуетъ рычагъ, на который она дѣйствуетъ. Положимъ, что сила, приложенная къ ахтерштевню перпендикулярно къ діаметральной плоскости, направляется въ лѣвую сторону (фигура 4). Мы знаемъ, что при этомъ корабль начнетъ уклоняться кормою въ лѣвую сторону, слѣдовательно эта сила дѣйствуетъ на рычагъ, равный разстоянію отъ точки приложенія силы до центра или линіи вращенія. Итакъ, въ случаѣ направленія вращающей силы перпендикулярно къ діаметральной плоскости, величина рычага, пока судно остается безъ движенія впередъ или назадъ, почти равна кормовой длинѣ корабля; при движеніи впередъ рычагъ превосходитъ кормовую длину корабля и при заднемъ ходѣ значительно менѣе кормовой длины. Отсюда слѣдуетъ, что при переднемъ ходѣ судовъ, съ заднимъ рулемъ, вращающій моментъ, который по направленію рычага назовемъ *продольно-вращающимъ моментомъ*, будетъ наибольшій. Однако при той же вращающей силѣ, не моментѣ, но только силѣ, *скорость вращенія* будетъ наибольшая, когда вращеніе происходитъ на мѣстѣ, безъ передняго и задняго хода, потому что при этомъ боковое сопротивленіе, препятствующее вращенію, какъ мы уже говорили, становится настолько меньше, что съ избыткомъ вознаграждаетъ уменьшеніе продольнаго рычага. Вращеніе будетъ самое быстрое, если къ кораблю, находящемуся въ покоѣ, приложить продольно вращающія силы съ обѣихъ оконечностей и съ обратнымъ конечно направленіемъ. На практикѣ еще не существуетъ ни одного приложенія, дающаго вращающую силу перпендикулярную къ діаметральной плоскости. Въ Англіи были попытки установить добавочный винтъ, такъ чтобы ось вала была перпендикулярна къ діаметральной плоскости и, слѣдовательно, чтобы вся сила винта обращалась исключительно на пользу вращенія. Съ тою же цѣлью пробовали также употреблять въ кормовой части помпы, которыя выбрасывали воду въ трубы перпендикулярно къ длинѣ судна. Несовершенство

этихъ приспособленій съ технической стороны не привело ни къ какимъ результатамъ. Добавочный винтъ, какъ и помпы, были очень слабы. Если бы на обыкновенномъ винтѣ можно было легко поворачивать лопасти на 90°, то вся движущая сила винта обращалась бы въ вращающую силу, и тогда продольно вращающій моментъ противъ настоящаго былъ бы громадный.

*О вращающей силѣ, направленіе которой съ діаметральною плоскостью составляетъ уголъ.* Здѣсь можетъ быть два главныхъ случая.

*Первый*, когда сила, направляясь впередъ или назадъ подъ нѣкоторымъ угломъ къ діаметральной плоскости, приложена въ самой діаметральной плоскости, и *второй*, когда она приложена внѣ ее.

*Первый случай.* Пусть какая-нибудь сила направляется впередъ и приложена у ахтерштевня, положимъ это будетъ швартовъ (фиг. 5). При тягѣ такого швартова корабль будетъ подаваться одновременно и впередъ и кормою вправо, а потому направленіе и величину силы, приложенной къ швартову, можно замѣнить двумя, изъ которыхъ одна, двигающая корму вправо, идетъ перпендикулярно къ діаметральной плоскости, а другая, заставляющая корабль идти впередъ, направляется вдоль самой діаметральной плоскости. Но отъ движенія впередъ центръ сопротивленія перейдетъ впередъ миделя; другая же часть силы, направляющаяся въ бокъ, будетъ дѣйствовать на рычагъ большій половины длины корабля и этимъ вращающимъ моментомъ, который мы условились называть, согласно направленію рычага, продольно-вращающимъ моментомъ, станетъ уклонять корму вправо. И такъ, направленіе силы подъ угломъ есть не что иное какъ продольно-вращающая сила. Если бы швартовъ былъ укрѣпленъ не въ кормѣ, а у форштевня, тогда корабль точно также отъ одной части силы, направляющейся по діаметральной плоскости, двигался бы впередъ, отъ другой же перпендикулярной къ ней, подавался бы носомъ

вправо, а кормою влѣво. Но теперь боковая сила уже дѣйствовала бы на рычагъ несравненно меньшій, а потому и вращеніе корабля было бы медленнѣе, то-есть въ тотъ же промежутокъ времени корабль повернулся бы на меньшій уголъ, нежели когда швартовъ былъ закрѣпленъ у ахтерштевня. Нѣтъ сомнѣнія, что если швартовъ отъ форштевня подвигать назадъ, сохраняя то же направленіе, то уклоненіе носа вправо будетъ дѣлаться все медленнѣе, и наконецъ носъ покатится влѣво. Этимъ простымъ опытомъ, который легко произвести надъ всякимъ судномъ, можно опредѣлить довольно близко мѣсто центра вращенія при очень маломъ ходѣ. При производствѣ опыта помощью швартова и людей только и можно узнать мѣсто центра вращенія, но ни быстроту уклоненія и ничего прочаго, потому что какъ только тронутъ швартовъ, то направленіе его относительно корабля измѣнится, а потому нужно, чтобы возобновляя опытъ, шлюпка становилась подъ швартовъ съ первоначальнымъ направленіемъ (фигура 6), то-есть, чтобы сама шлюпка подвигалась впередъ для прикрѣпленія швартова, который для большей точности можетъ проходить черезъ блокъ на палѣ, на стѣнкѣ же съ другой стороны шлюпки нужно имѣть знакъ, такъ чтобы всѣ три точки: знакъ на стѣнкѣ, мѣсто прикрѣпленія швартова на шлюпкѣ и палъ, были на одной линіи при началѣ каждаго опыта. При направленіи швартова подъ нѣкоторымъ угломъ, какъ бы его ни переносили, не найдется точки, при которой уклоненіе въ сторону совсѣмъ не существовало бы. Уклоненія не произойдетъ, если швартовъ будетъ перпендикуляренъ къ діаметральной плоскости и прикрѣпленъ въ плоскости, проходящей черезъ центръ бокового сопротивленія. Этотъ опытъ также легко и интересно произвести хотя бы надъ шлюпкой.

Положимъ теперь, что сила, приложенная къ ахтерштевню, направляется назадъ. Отъ этого корма станетъ уклоняться *вправо*, а весь корабль будетъ подвигаться назадъ. Такимъ образомъ, и въ этомъ случаѣ сила можетъ быть разсматри-

ваема, какъ состоящая изъ двухъ: одной, направляющейся по діаметральной плоскости, дающей задній ходъ, и другой, перпендикулярной къ діаметральной плоскости, которая, дѣйствуя на продольный рычагъ вращенія, заставляетъ корму уклоняться вправо. Но такъ какъ при заднемъ ходѣ центръ сопротивленія воды, а съ нимъ и центръ вращенія, переходитъ отъ миделя въ корму, то и рычагъ вращенія, когда эта сила приложена у ахтерштевня, очень малъ. По этой же причинѣ будетъ малъ и вращающій моментъ, и уклоненіе кормы будетъ медленное, то-есть вращеніе корабля сдѣлается также незначительно, какъ въ предъидущемъ примѣрѣ, когда сила была приложена у форштевня. Перенесемъ теперь эту силу къ форштевню. Здѣсь продольно-вращающій моментъ будетъ внѣ всякаго сравненія больше, хотя вращающая сила осталась та же, но за то продольный рычагъ, вслѣдствіе того, что центръ вращенія находится въ кормѣ, а сила приложена въ носу, сдѣлается больше полудлины корабля. Подобно предъидущему, опытъ покажетъ, въ какомъ приближенномъ разстояніи отъ ахтерштевня находится центръ вращенія при заднемъ ходѣ, хотя бы такомъ маломъ, какъ разсматриваемый. И такъ, въ случаѣ приложенія силы при направленіи ея впередъ или назадъ, но подъ угломъ къ діаметральной плоскости, въ ней самой образуется одинъ продольно-вращающій моментъ, какъ бы вращающая сила была непосредственно перпендикулярна къ діаметральной плоскости. Величина же продольно-вращающаго момента зависитъ единственно отъ длины продольнаго рычаго, а рычагъ, въ свою очередь, зависитъ отъ того, какой ходъ получаетъ корабль, передній или задній, и гдѣ при этомъ, въ кормѣ или въ носу, и на какомъ разстояніи отъ штевней, приложена взятая нами сила. На практикѣ, такою силою, въ нѣкоторыхъ случаяхъ, служитъ самый винтъ, или выражаясь точнѣе, вода, отбрасываемая винтомъ, о чемъ мы скажемъ вслѣдъ за разборомъ послѣдняго обстоятельства, дѣйствія вращающей силы въ

случаѣ ея приложенія подъ нѣкоторымъ угломъ къ направленію длины судна, но внѣ діаметральной плоскости.

*Случай второй, когда направленіе силы хотя и составляетъ острый уголъ съ діаметральною плоскостью, но самая сила приложена внѣ ее.* Прежде всего скажемъ, что чѣмъ острѣе уголъ, тѣмъ вращающая сила меньше, а сила для движенія впередъ или назадъ больше. Когда сила приложена въ сторонѣ отъ діаметральной плоскости (фигура 7), то она точно также какъ и въ первомъ случаѣ можетъ быть разсматриваема какъ двѣ силы, изъ которыхъ одна, перпендикулярная къ діаметральной плоскости, дѣйствуя на продольный рычагъ, котораго длина отъ точки приложенія силы до центра вращенія поворачиваетъ корабль продольно-вращающимъ моментомъ, а другая, параллельная діаметральной плоскости, даетъ движеніе кораблю впередъ или назадъ. Движенію впередъ противодѣйствуетъ сила прямого сопротивленія воды, равнодѣйствующая которой, вслѣдствіе симметричности корабля, проходитъ въ діаметральной плоскости. Между тѣмъ движущая сила проходитъ внѣ ее, а потому образуется пара силъ, которую мы уже разсматривали и назвали поперечно-вращающимъ моментомъ, и такъ какъ въ нашемъ примѣрѣ движитель съ правой стороны, то и стремленіе его будетъ уклонять носъ влѣво, то-есть въ ту же сторону, въ пользу которой дѣйствуетъ и продольно-вращающій моментъ. Чѣмъ точка приложенія будетъ дальше отъ діаметральной плоскости, тѣмъ, какъ мы говорили, и поперечно-вращающій моментъ будетъ больше, но величина его противъ продольно-вращающаго момента вообще очень мала, а потому нужно заботиться болѣе объ увеличеніи, исключительно, продольно-вращающаго момента. Если мы приложимъ силу въ томъ же направленіи по лѣвую сторону діаметральной плоскости, то образующійся поперечно-вращающій моментъ будетъ противодѣйствовать продольно-вращающему моменту. Если же направленіе силы будетъ прямо обратное взятому прежде (фигура 8), то движеніе будетъ назадъ и корма бу-

детъ подаваться влѣво, а оба вращающіе момента станутъ дѣйствовать на пользу вращенія; когда же сила направляющаяся назадъ будетъ приложена по лѣвую сторону діаметральной плоскости, то вращающіе моменты опять будутъ противодѣйствовать одинъ другому (фигура 9). Остановимся на этомъ направленіи силы и разсмотримъ ея дѣйствіе въ двухъ обстоятельствахъ, когда корабль въ покоѣ и когда онъ въ движеніи.

Мы уже сказали, что въ случаѣ покоя корабля сила, приложенная подъ угломъ къ діаметральной плоскости и внѣ ее (фигура 8) и при томъ направляющаяся напримѣръ справа на лѣво, сообщитъ задній ходъ и будетъ уклонять корму влѣво. Въ этомъ примѣрѣ оба вращающіе момента хотя и дѣйствуютъ на пользу поворота, но ихъ рычаги очень малы, а потому и вращеніе окажется медленнымъ. Если та же сила начнетъ дѣйствовать, когда корабль будетъ идти впередъ, то часть ея, параллельная діаметральной плоскости, станетъ уменьшать ходъ и поперечный рычагъ вращенія будетъ еще менѣе чѣмъ до движенія корабля впередъ, другая же часть силы, перпендикулярная къ діаметральной плоскости, будетъ дѣйствовать сравнительно на огромный рычагъ, потому что при переднемъ ходѣ линія вращенія находится впереди миделя. Въ практикѣ такою силою является дѣйствіе воды на руль, къ чему мы теперь и обратимся.

### О дѣйствіи воды на руль.

На винтовомъ кораблѣ на руль дѣйствуетъ вода отъ хода корабля и вода отбрасываемая винтомъ. Разберемъ каждую изъ этихъ силъ отдѣльно.

*О дѣйствіи воды на руль отъ хода корабля.* Положимъ, что корабль движется по курсу впередъ. Пока руль прямо, то вода, мимо которой проходитъ корабль, производитъ на

руль съ обѣихъ сторонъ одно только треніе. Какъ только мы начинаемъ класть руль, напримѣръ, перо на правый бортъ, то вода съ правой стороны производитъ на него уже не треніе, но давленіе. Извѣстно, что подъ какимъ бы угломъ ни происходило первоначальное давленіе, на поверхность или на плоскость, окончательное *направленіе*, по которому плоскость претерпѣваетъ давленіе, *будетъ перпендикулярное* къ этой плоскости. И такъ, вода или, вѣрнѣе, руль, всею правою стороною площади давитъ на воду. Величина этого давленія на каждую частицу площади можетъ быть выражена суммою всѣхъ отдѣльныхъ давленій на одну точку, которая есть средоточіе всего давленія или *центръ давленія* (фигура 10). Равнодѣйствующая всего давленія представляется прямою линіею, которая параллельна движенію и проходитъ черезъ центръ давленія. Прямая перпендикулярная къ плоскости и проходящая тоже черезъ центръ давленія, составляетъ съ равнодѣйствующею уголъ равный углу руля. Мы сказали, что какъ бы ни была велика равнодѣйствующая всего давленія, она дѣйствуетъ только своею частью перпендикулярно къ плоскости, другая же ея часть, выражающаяся линіею параллельною рулю, пропадаетъ почти безслѣдно, увеличивая собою только треніе. Движущаяся площадь руля заставляетъ частицы воды скользить по ея поверхности и такимъ образомъ вдоль руля по его площади образуется теченіе, сила и скорость котораго есть часть отъ общаго давленія, пропадающая, какъ мы сказали, безъ пользы для дѣйствія руля. Полезная часть силы, то-есть перпендикулярная къ площади руля (фигура 11), по своему направленію къ діаметральной плоскости, старается уменьшить ходъ и уклонить корму влѣво, а потому ее можно замѣнить двумя силами, изъ которыхъ одна параллельна діаметральной плоскости, а другая къ ней перпендикулярна. Первая часть общей силы дѣйствуетъ обратно движенію, слѣдовательно, во-первыхъ, уменьшаетъ скорость движенія, и дѣйствительно изъ опытовъ замѣчено, что въ продолженіи поворотовъ скорость судовъ значительно умень-

шается; во-вторыхъ, эта часть силы увеличиваетъ собою сопротивленіе воды на корабль, которое приходится преодолѣвать движителю; притомъ это увеличеніе сопротивленія произошло только съ правой стороны корабля. Съ другой, лѣвой стороны корабля, такой силы нѣтъ, слѣдовательно симметричность корабля нарушена, а потому и общій центръ сопротивленія воды на корабль уже не находится въ діаметральной плоскости. Сила руля, *уменьшающая ходъ*, здѣсь является какъ если бы была выдвинута перпендикулярная къ длинѣ корабля плоскость, равная проэкціи площади руля на миделѣ. И такъ, мы имѣемъ дѣло какъ-бы съ выдвижною поперечною плоскостью, дѣйствіе которой намъ уже знакомо. Движитель, дающій кораблю передній ходъ, положимъ приложенъ и направляется въ діаметральной плоскости (курсъ при вѣтрѣ на фордевиндъ), но такъ какъ рулемъ положеннымъ на бортъ симметричность корабля нарушена, то является поперечно-вращающій моментъ, рычагъ котораго есть разстояніе отъ движителя до общаго центра сопротивленія. Но центръ сопротивленія на подводный кузовъ корабля находится въ діаметральной плоскости, а центръ сопротивленія на руль въ нѣкоторомъ разстояніи отъ діаметральной плоскости, слѣдовательно общій центръ сопротивленія будетъ между ними, о чемъ сказано при разборѣ о выдвижныхъ плоскостяхъ. Такъ что если поперечное разстояніе между центрами 1 футъ, а сопротивленіе на корабль въ 28 разъ больше прямого сопротивленія на руль, то разстояніе общаго центра сопротивленія воды отъ діаметральной плоскости, то-есть величина поперечнаго рычага вращенія, будетъ $^1/_{29}$=0,04 фута. Если при этомъ движущая сила была, положимъ, 500 паровыхъ лошадей, то поперечно-вращающій моментъ будетъ всего около 20 футо-паровыхъ лошадей. Другая часть силы отъ нормальнаго давленія на руль, перпендикулярная къ діаметральной плоскости, будетъ дѣйствовать на продольный рычагъ вращенія, центръ же вращенія при переднемъ ходѣ очень близокъ къ форштевню. Возьмемъ для примѣра фрегатъ «Дмитрій Донской»,

длина котораго 270 ф. и движущая, полезная, сила машины при 8 узлахъ почти 500. Боковое давленіе на руль при 23° равно 30 паровымъ лошадямъ. Разстояніе центра давленія воды на руль отъ ахтерштевня 3,5 фута, а потому, если взять рычагъ только въ 200 футъ, то и тогда продольно-вращающій моментъ будетъ 6000 футо-паровыхъ лошадей, что противъ поперечно-вращающаго момента, въ 20 футо-паровыхъ силъ, составляетъ весьма большую величину. Чтобы еще яснѣе видѣть незначительность вообще поперечно-вращающаго момента, когда разсчитываютъ на него отъ сопротивленія на боковую плоскость и когда, слѣдовательно, поперечный рычагъ бываетъ очень малъ, скажемъ, что при тѣхъ же 8-ми узлахъ и углѣ руля въ 23°, но подъ винтомъ, продольно-вращающій моментъ равнялся 13744 футо-паров. лошадямъ, а поперечно-вращающій моментъ 84 футо-паров. лошадямъ, и что при этомъ полный поворотъ совершился въ 8 м. 39 с. Руль положенный на 90° представляетъ поперечную выдвижную плоскость; въ этомъ случаѣ продольно-вращающаго рычага уже не будетъ, а поперечно-вращающій моментъ увеличится всего до 530 футо-паровыхъ лошадей и поворотъ будетъ продолжаться долѣе чѣмъ 24 минуты. Если этотъ руль отнести на ширину корабля, то на него уже не будетъ дѣйствовать винтъ, но вслѣдствіе значительнаго увеличенія поперечнаго рычага вращенія, поворотъ сократится съ 24 минутъ на 18, что все-таки очень медленно. Итакъ, мы видимъ, что при обыкновенномъ рулѣ все зависитъ отъ продольно-вращающаго момента.

### Наивыгоднѣйшій уголъ руля.

Наивыгоднѣйшій уголъ руля, *если бы корабль не терялъ хода во время поворота*, былъ бы въ 54°8′; но какъ величина продольно-вращающей силы зависитъ и отъ величины площади

руля и отъ скорости хода, то наивыгоднѣйшій уголъ будетъ меньше 54°8′ и притомъ, строго говоря, для каждой площади руля и для каждаго корабля свой, хотя величина этихъ наивыгоднѣйшихъ угловъ рулей, не будетъ много между собою разниться у судовъ подобной конструкціи.

Возьмемъ 2 корабля той же длины, глубины и ширины, но не одинаковой формы подводной части, т.-е. съ разными обводами ватерлиній и потому требующіе, для той же скорости, не равныхъ машинъ. Одно судно для скорости, положимъ, въ 8 узловъ, потребуетъ машины въ 500, а другое въ 700 силъ. Въ настоящее время площадь руля берется въ зависимости отъ продольной площади, а потому, положимъ, что у кораблей площади рулей будутъ равны. Ясно, что если корабли положатъ руль на одинаковый уголъ, то тотъ корабль, у котораго машина работаетъ съ 700 силъ, потеряетъ ходу меньше чѣмъ другой, у котораго машина работаетъ съ силою 500 паровыхъ лошадей, слѣдовательно и вращающая сила будетъ у перваго больше, чѣмъ у втораго; а чтобы у другаго корабля дѣйствіе воды на руль, при той же площади, было одинаково, нужно увеличить уголъ руля, отчего ходъ хотя еще нѣсколько уменьшится, но измѣненіе въ величинѣ боковой силы можетъ, до извѣстнаго предѣла, съ избыткомъ вознаградить дѣйствіе воды отъ уменьшенія скорости. Понятно, что того же результата, т.-е. одинаковой вращающей силы съ кораблемъ въ 700 силъ, оставляя тотъ же уголъ руля, можно было бы достигнуть увеличеніемъ площади руля. И такъ, наивыгоднѣйшій уголъ, какъ и абсолютно наивыгоднѣйшая площадь руля, для каждаго корабля будутъ свои. Мы еще поговоримъ о величинѣ площади, когда будемъ говорить о рулях различныхъ системъ, а теперь зададимъ себѣ вопросъ, на всю ли площадь руля дѣйствуетъ вода отъ хода корабля?

**О площади руля, на которую дѣйствуетъ вода отъ хода корабля.**

Опыты французскаго ученаго Ромма, по этому предмету, привели къ выводу, что вода отъ хода корабля дѣйствуетъ только на нижнюю часть руля и именно нѣсколько болѣе, чѣмъ на $^1/_3$ *глубины судна. На верхнюю же часть, почти на* $^2/_3$ *по высотѣ, вода отъ хода корабля не оказываетъ никакого вліянія.* Роммъ производилъ свои опыты надъ шлюпками, не имѣвшими двухъ ахтерштевней. Но какъ на винтовыхъ судахъ руль виситъ на заднемъ ахтерштевнѣ, то опыты Ромма было бы нелишнимъ провѣрить, придѣлавъ для этого на шлюпкѣ заднiй ахтерштевень съ рулемъ. Это приспособленіе не испортило бы шлюпки и ничего бы не стоило, а между тѣмъ доставило бы пользу морскому дѣлу и въ особенности вопросу о поворотливости. Помимо того, что по бывшимъ опытамъ, верхняя часть руля при одномъ ахтерштевнѣ недѣйствительна, ее дѣлаютъ узкою еще и для того, чтобы избавить руль отъ ударовъ волнъ и тѣмъ предохранить какъ его, такъ и петли отъ поломки. За то нижняя часть, при тѣхъ же размѣрахъ высоты и ширина, должна имѣть наибольшую площадь, для чего нижніе углы руля слѣдуетъ только закруглять, но никакъ не срѣзать такъ много, какъ это иногда дѣлаютъ.

Здѣсь кстати будетъ упомянуть объ уклонѣ ахтерштевня. Если руль будетъ горизонталенъ, то дѣйствіе его будетъ равно нулю. Онъ не заставитъ корабль никуда катиться. Обратное положеніе, когда онъ вертикаленъ, сообщитъ ему наибольшее дѣйствіе, а потому всякій уклонъ ахтерштевня, а вмѣстѣ съ этимъ и плоскости руля, уменьшаетъ вращающую силу и самую поворотливость. Введеніе винта уничтожило и уклонъ ахтерштевня, но онъ еще остается на нѣкоторыхъ парусныхъ и гребныхъ судахъ, не имѣя за собою ни малѣйшаго основанія. Уклонъ штевня служитъ причиною, что нормальное давленіе

воды на руль, при всякомъ углѣ, имѣетъ направленіе сверху внизъ, отчего часть давленія составляющая продольно-вращающую силу, уменьшается, и, кромѣ того, рождается еще стремленіе увеличить дифферентъ, что вредитъ повороту оверштагъ. При наклонномъ штевнѣ руль, положенный на бортъ, частью своей площади выходитъ изъ воды, что также уменьшаетъ полезное дѣйствіе руля.

*Дифферентъ* на корму уничтожаетъ вертикальность ахтерштевня и тѣмъ тоже уменьшаетъ дѣйствіе руля, хотя несравненно меньше чѣмъ уклонъ ахтерштевня, потому что дифферентъ, напримѣръ, въ 2 фута при 270 футъ длины уклоняетъ штевень всего на $^1/_2{}^\circ$, тогда какъ уклонъ штевня бываетъ до 10°.

## О дѣйствіи на руль воды, отбрасываемой винтомъ.

На руль, помѣщенный на винтовыхъ судахъ сзади винта, кромѣ дѣйствія на него воды отъ хода корабля, дѣйствуетъ еще вода, отбрасываемая винтомъ. Объ этой прибавочной силѣ руля на винтовыхъ судахъ мы теперь и будемъ говорить.

Возьмемъ винтъ, который при переднемъ ходѣ вращается верхнею лопастью справа налѣво. Такіе винты, въ большинствѣ случаевъ, употребляются на русскихъ судахъ. При вращеніи на передній ходъ, винтъ заднею своею поверхностью ударяетъ воду и какъ вода не твердое тѣло, то она сама уступаетъ напору лопастей винта и получаетъ движеніе, обратное движенію винта, а слѣдовательно и корабля. Фактъ образованія теченія воды при вращеніи винта, обратнаго движенію корабля, замѣчается какъ на ходу, такъ и во время пробы машины въ гавани на швартовахъ. Въ русскомъ флотѣ это явленіе было замѣчено почти одновременно съ введеніемъ у насъ винтовыхъ судовъ и выразилось приказомъ Управляющаго Морскимъ Министерствомъ о томъ, что для точности наблюденія скорости

корабля, разстояніе между секторомъ лага и началомъ перваго узла должно быть удвоено противъ бывшаго на парусныхъ судахъ и толщина самого лаглиня увеличена, съ тою, конечно, цѣлью, что при выбираніи его секторъ, по мѣрѣ приближенія къ кораблю, претерпѣваетъ болѣе и болѣе сильное напряженіе отъ теченія, образуемаго винтомъ, и что, слѣдовательно, безъ этой предосторожности прежній тонкій лаглинь часто бы рвался на винтовыхъ судахъ.

Мы уже говорили, что всякое давленіе на поверхность совершается нормально, т.-е., перпендикулярно къ ней въ каждой ея точкѣ, а потому и первоначальное направленіе струи воды, отъ каждой точки поверхности, будетъ перпендикулярное къ ней. Отъ нижней лопасти перпендикуляры идутъ слѣва на право, а, слѣдовательно, и теченіе воды образуемое нижнею лопастью, будетъ идти слѣва на право. Перпендикуляры верхней лопасти идутъ справа на лѣво, а потому и теченіе, образуемое движеніемъ верхней лопасти, будетъ идти справа на лѣво. Такъ какъ лопасти винта составляютъ одно цѣлое съ валомъ, то скорость обѣихъ лопастей одна и таже, а потому и *скорость* теченій воды, образуемыхъ верхнею и нижнею лопастями, одна и та же. Но такъ какъ оба эти теченія дѣйствуютъ на различной глубинѣ, слѣдовательно, подъ разнымъ давленіемъ воды, то работа теченія, образуемаго нижнею лопастью, т.-е. на большей глубинѣ, будетъ больше чѣмъ работа теченія, образуемаго движеніемъ верхней лопасти на меньшей глубинѣ. Направленія этихъ теченій, какъ и перпендикуляровъ, къ поверхностямъ лопастей, въ каждый моментъ времени составляютъ одинаковые углы съ діаметральною плоскостью, съ разныхъ ея сторонъ, но одинаково идутъ назадъ. Поэтому, если бы работа обѣихъ теченій была равна, т.-е., не зависѣла бы отъ глубины, то (равнодѣйствующая) общая сила давленія воды, отбрасываемой винтомъ, направлялась бы по продолженію діаметральной плоскости; но какъ на самомъ дѣлѣ работа теченія воды, образуемаго движеніемъ нижней лопасти больше, то и

среднее направленіе силы будетъ уклоняться въ сторону нижняго теченія, т.-е. для винтовъ на большинствѣ русскихъ судовъ слѣва на право.

Нижнее теченіе на своемъ пути встрѣчаетъ лѣвую сторону руля, а верхнее теченіе, въ то же время, встрѣчаетъ правую сторону того же руля; и какъ дѣйствіе нижняго теченія больше дѣйствія верхняго, то, слѣдовательно, и нижняя часть лѣвой стороны руля претерпѣваетъ большее давленіе чѣмъ верхняя, правая, его сторона, а потому говоря про *избытокъ силъ*, дѣйствующихъ на руль, короче сказать, что винтъ или вода, отбрасываемая винтомъ, *дѣйствуетъ на лѣвую сторону руля* (фиг. 12). Уголъ, подъ которымъ проходитъ равнодѣйствующая, значительно меньше средняго угла, составляемаго нормалями къ поверхностямъ винта и вообще, смотря по образованію лопастей винта, бываетъ $3^{\circ}$, $8^{\circ}$ и болѣе. Положимъ, что руль прямо и корабль при штилѣ идетъ впередъ. Вода, мимо которой бѣжитъ корабль, производитъ только треніе о руль, такъ какъ онъ въ діаметральной плоскости. Но вода, отбрасываемая винтомъ, бьетъ въ руль съ лѣвой стороны. Если же на руль лежащій въ діаметральной плоскости, дѣйствуетъ сила, то она производитъ давленіе, перпендикулярное къ нему, т.-е. перпендикулярное къ діаметральной плоскости и, слѣдовательно, образуетъ собою продольно-вращающую силу. При движеніи корабля впередъ, центръ сопротивленія, а слѣдовательно и центръ вращенія, лежатъ впереди миделя, а потому продольный рычагъ будетъ очень большой, и несмотря на малую вращающую силу, вращающій моментъ способенъ уклонить кормовую часть корабля, отъ линіи вращенія, до задней точки руля вправо, а переднюю часть, отъ линіи вращенія до передней точки форштевня, влѣво. На практикѣ, дѣйствительно, замѣчено, что суда, съ взятымъ нами винтомъ, при штилѣ, рулѣ прямо и безъ крена, уклоняются при переднемъ ходѣ влѣво. Если возьмемъ винтъ съ обратной нарѣзкой, какіе употребляются на французскихъ судахъ, то, на основаніи приведенныхъ соображеній,

увидимъ, что избытокъ давленія воды, отбрасываемой винтомъ, приходится на правую сторону руля и какъ линія вращенія опять впереди миделя, то уклоненіе носа при рулѣ прямо, и штилѣ, должно быть вправо; и дѣйствительно, г. Леваль начинаетъ свое изслѣдованіе о формѣ кривыхъ поворота именно указаніемъ на тотъ фактъ, что французскія суда при рулѣ прямо и переднемъ ходѣ уклоняются носомъ вправо. И такъ, для объясненія явленій на опытахъ и для предсказанія результатовъ новыхъ опытовъ при *переднемъ ходѣ*, мы имѣемъ три обстоятельства, которыя должны необходимо входить во всѣ объясненія явленій уклоненія судовъ: 1) *мѣсто центра вращенія впереди миделя;* 2) *направленіе равнодѣйствующей воды, отбрасываемой винтомъ*, и 3) *дѣйствіе поперечно-вращающаго момента.*

Руководствуясь этими данными, попробуемъ рѣшить нѣсколько вопросовъ, напримѣръ, для нашего винта. 1) Что произойдетъ, если корабль, при томъ же ходѣ, будетъ имѣть руль одинаковой формы и размѣровъ внизу и вверху, т.-е., если форма руля будетъ прямоугольникъ?

Такъ какъ вся перемѣна, въ предполагаемомъ рулѣ противъ обыкновеннаго произошла въ томъ, что верхняя площадь руля увеличилась, то давленіе, претерпѣваемое ею отъ воды, отбрасываемой верхнею лопастью, увеличится, а какъ давленіе воды, отбрасываемой нижнею лопастью на нижнюю часть руля осталось то же, то разность между ними уменьшится, т.-е. избытокъ давленія на лѣвую сторону нижней части руля сдѣлается меньше, а потому и вращающая сила уменьшится, слѣдовательно и уклоненіе будетъ медленнѣе. Поэтому, если обыкновенный руль замѣнить, напримѣръ, балансирнымъ, то при рулѣ прямо корабль, при томъ же ходѣ и винтѣ будетъ медленнѣе уклоняться носомъ влѣво. Обратно, если на судахъ, имѣющихъ балансирный руль, поставить руль обыкновенной формы, у котораго верхняя часть руля меньше нижней, то уклоненіе при рулѣ прямо будетъ сильнѣе. Увеличивая верхнюю часть руля и уменьшая

нижнюю, можно дойдти до того, что корабль при переднемъ ходѣ, въ штиль и рулѣ прямо, будетъ идти по курсу не уклоняясь ни вправо, ни влѣво. Для соблюденія этого условія, верхняя часть руля должна быть почти въ $2^1/_2$ раза болѣе площади нижней части, что, очевидно, для практики непримѣнимо.

*Вопросъ 2-й.* Куда будетъ уклоняться корабль при рулѣ прямо, если отнять верхнюю часть руля?

Очевидно, — что влѣво же, но быстрѣе чѣмъ при цѣломъ рулѣ, потому-что давленію воды, отбрасываемой нижнею лопастью винта, на лѣвую сторону руля, не противодѣйствуетъ подобное же давленіе воды на правую верхнюю часть руля и напротивъ верхнее теченіе, не встрѣчая твердаго тѣла (руля), принадлежащаго кораблю, будетъ заодно съ нижнимъ теченіемъ способствовать *кормѣ* катиться *вправо*.

*Вопросъ 3-й.* Куда уклонится корабль, имѣя одну верхнюю часть руля?

Вправо; и дѣйствіе нижняго теченія будетъ одинаково помогать уклоняться кормѣ влѣво, но если ахтерштевень широкъ, а верхняя часть руля очень мала, то этого явленія можетъ и не быть замѣчено, или, даже, произойдетъ обратное дѣйствіе, т.-е. корабль покатится влѣво.

*Вопросъ 4-й.* Куда будетъ уклоняться корабль, если руль совсѣмъ снять.

Тогда остается штевень, который, принимая на себя давленіе отбрасываемой воды, дѣйствуетъ какъ руль, т.-е. заставляетъ *корму* идти *вправо* и носъ *вльво*.

*Вопросъ 5-й.* А если снять широкій штевень и замѣнить его до возможности тонкимъ и круглымъ?

Воду, отбрасываемую винтомъ, можно разсматривать какъ толщу воды, выбрасываемую водопротокомъ. Но извѣстно и понятно, что струя воды водопротока, направляющаяся напримѣръ за корму, подвигаетъ корабль впередъ, потому что масса сосѣдней воды представляетъ до нѣкоторой степени такую опору ударяющей на нее струи, что судно движется впередъ. То же

происходитъ и съ струею воды, отбрасываемой винтомъ. Образуемое винтомъ теченіе встрѣчая неподвижную массу воды, упирается въ нее и заставляетъ винтъ, а съ нимъ и весь корабль подаваться въ *обратную сторону* своего движенія. Верхняя лопасть, отбрасывая воду *влѣво* и *назадъ*, заставляетъ корабль идти впередъ и стремится уклонить *корму вправо*. Нижняя лопасть, отбрасывая воду *вправо* и *назадъ*, даетъ кораблю движеніе впередъ и стремится двигать *корму влѣво*, а какъ работа воды, отбрасываемой нижнею лопастью больше, то окончательно корабль покатится кормою влѣво, а носомъ вправо, т.-е. обратно тому какъ онъ катится, имѣя сзади винта руль. Чѣмъ направленіе нормалей ближе къ направленію діаметральной плоскости, тѣмъ меньше боковая сила воды, отбрасываемой винтомъ и тѣмъ болѣе силы для движенія корабля впередъ. Для достиженія этой цѣли, т.-е., для уменьшенія радіональнаго разбрасыванія воды, задней поверхности винта даютъ погибь внутрь.

Для испытанія различныхъ системъ винтовъ, обыкновенно замѣчаютъ, при томъ же числѣ оборотовъ, пройденное разстояніе. Но наблюденіе и оцѣнка винтовъ будетъ еще точнѣе, если держа руль прямо замѣтить, при томъ же числѣ оборотовъ винта, величину уклоненія отъ курса въ ту же единицу времени.

### Объ углѣ руля для удержанія одновинтоваго корабля на курсѣ, и о вліяніи воды, отбрасываемой винтомъ на скорость поворота влѣво и вправо.

Взятый нами винтъ, при рулѣ прямо, заставляетъ уклоняться кораблю носомъ влѣво. Для того же, чтобы держать корабль на курсѣ, кладутъ перо руля на правую сторону. Уголъ руля, при которомъ корабль станетъ идти по курсу, не будетъ означать ни направленія равнодѣйствующей обѣихъ теченій, ни направленія одного нижняго теченія. Уголъ этотъ будетъ менѣе угла рав-

нодѣйствующей, и конечно менѣе средняго направленія одного верхняго или одного нижняго теченія. Уголъ равнодѣйствующей можно получить изъ практики. Если на кораблѣ, стоящемъ на швартовахъ, дать ходъ впередъ и разсновать штрутросъ, то уголъ, который руль составитъ съ діаметральною плоскостью, и будетъ уголъ равнодѣйствующей воды, отбрасываемой винтомъ. При движеніи же корабля впередъ руль, выведенный изъ прямаго положенія, напримѣръ на правую сторону, получитъ ударъ воды *отъ хода корабля*, что очевидно будетъ противодѣйствовать рулю стать по направленію равнодѣйствующей работы воды, отбрасываемой винтомъ. А какъ давленіе воды отъ хода корабля стремится поставить руль прямо, то общая изъ двухъ силъ будетъ составлять меньшій уголъ съ діаметральною плоскостью, чѣмъ одна равнодѣйствующая работы воды, отбрасываемой винтомъ. По этому уголъ руля, замѣченный на практикѣ для удержанія корабля на курсѣ, меньше противъ того угла, который будетъ замѣченъ въ гавани, во время пробы машины на швартовахъ. Для фрегата «Дмитрій Донской», этотъ уголъ былъ не болѣе 3° (перо на правомъ бортѣ); слѣдовательно, когда фрегатъ клалъ перо руля на лѣвый бортъ, положимъ на 15°, то плоскость руля съ направленіемъ равнодѣйствующей работы воды, отбрасываемой винтомъ, составляла уже уголъ въ 18°, тогда какъ направленіе воды отъ движенія корабля будетъ составлять съ рулемъ уголъ только въ 15° (фигура 13). Если же фрегатъ положитъ перо руля на тотъ же уголъ, но на правый бортъ, то дѣйствіе *воды* отъ *движенія корабля* на нижнюю часть пера будетъ подъ угломъ 15°, а дѣйствіе воды, отбрасываемой винтомъ, будетъ подъ угломъ 12° (фигура 14). Англійскій адмиралъ Холстедъ, производилъ опыты натуральнаго уклоненія руля при переднемъ ходѣ, для чего онъ также разсновывалъ штуртросъ. Къ сожалѣнію, имъ не было сдѣлано ни одного наблюденія при пробѣ машины на швартовахъ. Его заключеніе, что уголъ руля подъ винтомъ, увеличивается или умень-

шается на величину натуральнаго уклоненія руля при переднемъ ходѣ, какъ видѣли, невѣрно. Натуральное уклоненіе руля надо наблюдать въ гавани и при томъ это явленіе не вліяетъ на дѣйствіе воды отъ хода корабля. Тѣмъ не менѣе опытъ адмирала Холстеда для насъ очень важенъ какъ подтвержденіе факта дѣйствія на руль воды, отбрасываемой винтомъ. Замѣтимъ, что въ изслѣдованіяхъ англійскаго адмирала ничего не говорится о различіи теченій, производимыхъ верхнею и нижнею лопастями винта.

Такимъ образомъ оказывается, что дѣйствіе руля, когда его перо на лѣвомъ бортѣ, сильнѣе нежели когда оно на правомъ бортѣ, а потому и полная *циркуляція носомъ влѣво* должна совершаться *скорѣе*, чѣмъ поворотъ носомъ вправо. Но чѣмъ медленнѣе совершается поворотъ, при переднемъ ходѣ, тѣмъ большій путь проходитъ корабль, тѣмъ, слѣдовательно, больше циркуляція и тѣмъ больше ея радіусъ. Понятно, что преимущество поворота носомъ влѣво, во времени и длинѣ можетъ случиться, если при опытахъ 1) стоитъ штиль въ воздухѣ и на водѣ, 2) если передъ началомъ поворота не было никакого крена, 3) если число оборотовъ винта оставалось неизмѣннымъ при вращеніи въ ту и другую стороны, 4) если руль точно лежалъ напримѣръ, на 15° на каждомъ бортѣ, за чѣмъ нужно особенно наблюдать въ такихъ опытахъ. Чтобы уголъ руля оставался неизмѣннымъ въ продолженіи самаго поворота, необходимо, чтобы штуртросъ или вовсе не сдавалъ, или бы вытягивался одинаково, что вообще составляетъ случайность, потому-что если даже штуртросъ вытянуть одинаково съ обѣихъ сторонъ, то и тогда при перѣ руля, на лѣвомъ бортѣ, для взятаго нами винта, давленіе воды на руль больше, потому и напряженіе на штуртросъ больше чѣмъ при перѣ руля на правомъ бортѣ. При большемъ же напряженіи штуртросъ болѣе сдаетъ и, слѣдовательно, уголъ руля болѣе уменьшается, а съ этимъ и разность дѣйствія воды на руль на правомъ и лѣвомъ бортахъ уменьшается; 5) для точности опытовъ требуется, чтобы руль былъ

положенъ *въ одинаковый промежутокъ времени* и 6) чтобы корабль не былъ кривобокъ. Иначе, если, напримѣръ, правая сторона корабля хуже образована чѣмъ лѣвая, то и сопротивленіе воды на правую сторону будетъ больше чѣмъ на лѣвую, а при неравномѣрности сопротивленія воды на обѣ стороны, центръ сопротивленія находится на сторонѣ большаго сопротивленія, т.-е., въ нашемъ примѣрѣ, на правой сторонѣ. Движитель же остается въ діаметральной плоскости, а потому образуется *поперечно*-вращающій моментъ, который будетъ стремиться уклонить носъ судна вправо и, слѣдовательно, будетъ помогать рулю, когда перо на правомъ бортѣ и противодѣйствовать когда оно на лѣвомъ, чѣмъ, очевидно, разность и во времени и въ длинѣ циркуляціи, при вращеніи влѣво и вправо носомъ, тоже уменьшается; 7) для точности этихъ опытовъ необходима очень большая акуратность въ наблюденіи продолжительности поворота.

При соблюденіи всѣхъ семи условій, разность во времени между вращеніемъ влѣво и вправо будетъ всего нѣсколько секундъ, не превосходящая и десяти. Разность эта будетъ тѣмъ меньше, чѣмъ быстрѣе вращается корабль, чѣмъ быстрѣе первоначальный ходъ корабля и чѣмъ на большій уголъ положенъ руль. Есть еще одна причина, умепьшающая, но не уничтожающая разность въ быстротѣ поворотовъ на правый и лѣвый бортъ—это натуральный кренъ, происходящій во время поворота, отъ самаго вращенія корабля, но какъ это обстоятельство вообще не уничтожаетъ явленія болѣе скораго поворота въ одну сторону передъ другою, то о немъ мы пока и не будемъ говорить, чтобы не прерывать порядокъ изложенія.

Г. Леваль, въ своемъ изслѣдованіи о кривыхъ поворота, говоритъ, что опыты не подтверждаютъ преимущества вращенія въ одну сторону передъ другою, и что изъ 53 испытаній, изъ которыхъ 21 принадлежатъ иностраннымъ судамъ, въ томъ числѣ и русскимъ, оказалось, что вращеніе въ ту и въ другую сторону, въ отношеніи скорости поворота, безразлично. На это

мы можемъ только сказать, что опыты г. Леваля не имѣли достаточной точности. И въ самомъ дѣлѣ, почти всѣ они произведены имъ при вѣтрѣ и не на тихой водѣ, а при зыби, теченіи, или небольшомъ волненіи. О вліяніи вѣтра мы будемъ говорить ниже, а теперь скажемъ, что одна эта причина можетъ уничтожить избытокъ дѣйствія воды, отбрасываемой винтомъ, въ настоящемъ случаѣ, при перѣ руля на правомъ бортѣ. Потомъ г. Леваль самъ обращаетъ вниманіе на невѣрность опредѣленія угла руля по аксіометру, но не упоминаетъ ни однимъ словомъ объ измѣненіи угла руля во время самаго поворота. Г. Леваль точно также нигдѣ не говоритъ о натуральномъ кренѣ корабля, хотя при большихъ скоростяхъ, при которыхъ онъ производилъ опыты, этотъ кренъ не могъ не быть, а это отсутствіе даже намека о такомъ явленіи поворотливости доказываетъ, что и передъ поворотомъ не было съ точностью наблюдаемо, совершенно-ли прямо стоитъ корабль, что, впрочемъ, на опытахъ г. Леваля часто и не возможно было замѣтить, такъ какъ зыбь, вѣроятно, производила качку хотя бы самую ничтожную. Замѣтимъ еще разъ, что дѣло идетъ о единицахъ секундъ, но эти единицы секундъ важны потому, что онѣ рѣшаютъ непреложность закона о поворотливости, закона, который позволяетъ отчетливо и безошибочно судить о другихъ крупныхъ явленіяхъ поворотливости. Что касается до ссылки г. Леваля на 14 наблюденій надъ русскими судами, то она идетъ совершенно въ разрѣзъ съ тѣмъ, что говоритъ, о разбираемомъ явленіи, самъ производитель опытовъ надъ поворотливостью русскихъ судовъ, начальникъ броненосной эскадры Григорій Ивановичъ Бутаковъ. Въ своемъ сочиненіи о новыхъ основаніяхъ пароходной тактики, адмиралъ, сдѣлавшій предварительно огромное число опытовъ, при совершенномъ штилѣ въ воздухѣ и на водѣ и при тщательномъ опредѣленіи угла руля, говоритъ, что винтовыя суда въ одну сторону всегда вращаются быстрѣе чѣмъ въ другую. Большой Кронштадтскій рейдъ, на который никогда не заходитъ океанская зыбь, представляетъ,

какъ и весь Финскій заливъ, несравненно болѣе благопріятныхъ условій для точности наблюденій чѣмъ Шербургскій или Брестскій рейдъ. Наконецъ, каждый, кто былъ свидѣтелемъ или самъ производилъ сравнительные опыты вращенія вправо и влѣво при тѣхъ условіяхъ, которыя перечислены выше, вѣроятно припомнитъ, что преимущество во времени и циркуляціи оказывалось, для взятаго нами винта, въ пользу поворота носомъ въ лѣвую сторону. Да оно иначе и не можетъ быть, если уже признанъ тотъ фактъ, что суда при рулѣ прямо и штилѣ уклоняются носомъ влѣво отъ дѣйствія на руль, т.-е. собственно на его лѣвую сторону, воды отбрасываемой винтомъ.

### Объ уменьшеніи скорости корабля во время поворотовъ.

Мы уже говорили, что когда руль положенъ на бортъ, то дѣйствіе на него воды отъ хода корабля выражается величиною нормальнаго давленія на площадь руля, и показали, что направленіе этой нормальной порождаетъ при обыкновенномъ рулѣ, какъ продольно, такъ и поперечно-вращающія силы. Дѣйствіе на руль воды, отбрасываемой винтомъ, увеличиваетъ собою дѣйствіе воды отъ хода корабля, а съ этимъ, слѣдовательно, увеличиваетъ и оба вращающіе момента. При этомъ сопротивленіе руля движенію корабля, служащее причиною образованія поперечнаго рычага вращенія, настолько увеличивается, что потеря въ скорости отъ одного этого обстоятельства, смотря по углу руля и первоначальному ходу, доходитъ до 2 и болѣе узловъ. Съ потерею же скорости уменьшается и дѣйствіе воды отъ хода корабля. Итакъ, одна и та же причина — руль, производитъ поворотъ и, уменьшая ходъ, замедляетъ вращеніе. Въ парусныхъ корабляхъ и пароходахъ, гдѣ на руль дѣйствуетъ вода только отъ хода корабля, значительное уменьшеніе скорости, при большемъ углѣ руля, чрезвычайно удлиняетъ ново-

ротъ. Поэтому, на такихъ судахъ уголъ руля долженъ быть несравненно меньше, чѣмъ на винтовыхъ. Это замѣчаніе особенно касается судовъ парусныхъ, у которыхъ съ измѣненіемъ курса движитель часто уменьшается, а иногда и вовсе перестаетъ дѣйствовать. Колесный пароходъ и шлюпка подъ веслами еще могутъ повернуть, положивъ руль на какой угодно большой уголъ, потому что движитель ихъ, независимо отъ перемѣны курса, все же будетъ продолжать дѣйствовать и, слѣдовательно, сообщать движеніе впередъ, хотя и слабое. Очевидно, что поворотъ при маломъ ходѣ, не на винтовыхъ судахъ, будетъ очень неудаченъ.

Вслѣдствіе того, что на парусныхъ судахъ большой уголъ руля былъ не только иногда вреденъ, но и всегда безполезенъ, руль устраивали и устраиваютъ такъ, что онъ кладется рѣдко болѣе 28° или 30°, а въ большинствѣ случаевъ и на меньшій уголъ. Но то, что для парусныхъ судовъ составляло необходимую предосторожность, или излишество, то на винтовыхъ судахъ составляетъ непростительную ошибку, которую исправить можно только съ тратою времени и денегъ. На двухвинтовыхъ судахъ и вообще въ тѣхъ случаяхъ, когда поворотъ совершается безъ помощи руля, этотъ послѣдній только препятствуетъ вращенію, а потому его слѣдуетъ класть на 90°. Когда же поворачиваютъ помощью руля, то онъ долженъ быть приспособленъ такъ, чтобы можно было воспользоваться всею его силою.

Для задняго руля, на винтовомъ суднѣ, наивыгоднѣйшій уголъ важнѣе большой площади, потому что вода, отбрасываемая винтомъ, дѣйствуетъ на площадь силою своего теченія; скорость же теченія этой воды, по мѣрѣ удаленія отъ корабля, уменьшается довольно быстро. Мы не знаемъ, производились ли надъ скоростью теченія воды, образуемаго вращеніемъ винта, опыты, которые, однако, были бы очень полезны для вопроса о поворотливости судовъ. Для практики достаточно слѣдующихъ наблюденій. Около какого-нибудь буйка поставить на рейдѣ

шлюпку, съ которой въ моментъ, когда корабль пройдетъ этотъ буекъ, бросить какое-нибудь плавающее тѣло. Замѣченное время и пространство, проплытое брошеннымъ со шлюпки поплавкомъ, дастъ возможность судить о скорости и пространствѣ, на которомъ дѣйствуетъ теченіе воды, производимое винтомъ. Такіе же опыты не мѣшаетъ произвести и въ гавани при пробѣ машины на швартовахъ. Но и безъ опытовъ понятно, что скорость этого теченія, а слѣдовательно и его дѣйствіе, будутъ больше на точки руля, менѣе удаленныя отъ винта. Наблюденіе надъ скоростью поворота можно произвести помощью Массеева лага. Для полученія результата, болѣе свободнаго отъ случайныхъ обстоятельствъ, лагъ лучше опускать въ моментъ, когда руль положенъ на бортъ, и не сзади кормы, а сбоку, съ той стороны, на которую положено перо руля. Если же Массеевъ лагъ будетъ опущенъ и у форштевня, то это нужно сдѣлать со стороны, обратной той, на которую положено перо руля. Было бы интересно опредѣлить скорость на второй и на третьей циркуляціи, не отводя руля, чтобы узнать, когда, во время поворота, возстановляется равномѣрная скорость.

### О дрейфѣ корабля во время поворота.

При вращеніи корабля, кромѣ руля, является еще и другая причина уменьшающая ходъ корабля. Положивъ руль на бортъ, корабль идя впередъ, въ очень малый промежутокъ времени, уклонится на какой-нибудь уголъ. Если бы корабль повиновался только рулю, то онъ во взятый нами промежутокъ времени шелъ бы по новому курсу, но какъ корабль остается еще подъ вліяніемъ прежняго направленія и прежней скорости, вліяніе которыхъ выражается тѣмъ, что онъ вслѣдствіе инерціи старается сохранить прежнее направленіе, то онъ и подвергается одновременно дѣйствію двухъ силъ, а потому не идетъ ни по старому, ни по новому курсу, но дви-

жется по нѣкоторому среднему пути; направленіе діаметральной плоскости соотвѣтствуетъ новому курсу, а вся масса слѣдуетъ по старому курсу (фигура 15). Уголъ между новымъ курсомъ и тѣмъ, по которому онъ движется, и есть дрейфъ. При такомъ движеніи корабля, наибольшее поперечное его сѣченіе, перпендикулярное къ курсу, уже не есть мидель, а другое сѣченіе, тѣмъ большее миделя, чѣмъ больше уголъ дрейфа. Понятно, что прямое сопротивленіе воды, по этому новому направленію, будетъ значительно больше обыкновеннаго. Движущая же сила, напримѣръ винта, осталась прежняя, а потому ясно, что корабль будетъ двигаться еще медленнѣе чѣмъ двигался. Эта новая потеря скорости уменьшитъ дѣйствіе воды отъ хода корабля на нижнюю часть площади руля. Такимъ образомъ, вслѣдствіе дрейфа уменьшится вращающая сила, а съ нею и вращающій моментъ, съ уменьшеніемъ котораго и время поворота будетъ продолжительнѣе. Поэтому, если бы не было дрейфа, то скорость движенія корабля по кривой и быстрота вращенія были бы больше. Самая кривая (представленная на фиг. 16 пунктиромъ), была бы ближе къ кругу и не представляла бы растянутости, въ особенности въ началѣ поворота. Дрейфъ происходитъ отъ прежней скорости и измѣненнаго направленія. Слѣдовательно, чѣмъ эти двѣ причины будутъ сильнѣе дѣйствовать, тѣмъ больше будетъ дрейфъ, а съ нимъ и всѣ послѣдствія. Иначе говоря, дрейфъ больше, когда уголъ руля больше, когда руль кладется быстрѣе, когда площадь его больше, чѣмъ быстрѣе былъ ходъ передъ началомъ поворота и, наконецъ, чѣмъ сильнѣе развито качество поворотливости со стороны формы подводной части. Поэтому, напримѣръ, корабль съ балансирнымъ рулемъ будетъ имѣть большій дрейфъ, чѣмъ при обыкновенномъ рулѣ. При балансирномъ рулѣ, несмотря на большой относительно дрейфъ, вращеніе все же будетъ быстрѣе, собственно отъ усиленнаго дѣйствія воды, отбрасываемой винтомъ, въ сравненіи съ тѣмъ же дѣйствіемъ на обыкновенный руль. Поповки, поворачивая

*однимъ рулемъ*, будутъ дрейфовать болѣе, чѣмъ при той же скорости и той же относительной величинѣ площади руля обыкновенныя двухвинтовыя суда, на томъ основаніи, что на поповкахъ, всѣ наибольшія сѣченія, какъ бы онѣ ни двигались по курсу, подобны и равны. Дрейфъ вообще не можетъ быть великъ и при томъ въ началѣ поворота онъ увеличивается, но потомъ уменьшается; средняя его величина за весь поворотъ не превосходитъ, надо полагать, и $10^{\circ}$. Въ самомъ дѣлѣ, потеря скорости при углѣ дрейфа, если бы послѣдній былъ великъ, происходила бы очень чувствительная. Объ этомъ можно судить потому, насколько сопротивленіе воды, при движеніи бокомъ, болѣе сопротивленія воды при прямомъ движеніи. Напримѣръ, на англійскомъ бронепосцѣ *Bellerophon*, сопротивленіе воды при движеніи бокомъ въ 103,5 раза болѣе сопротивленія воды при движеніи носомъ впередъ. На русскихъ судахъ: на фрегатѣ «Дмитрій Донской» въ 77,1 разъ болѣе; на двухбашенной лодкѣ «Смерчъ» въ 58 разъ; на строющемся корветѣ «Александръ Невскій» въ 152,1 раза; а на поповкѣ сопротивленіе воды при движеніи впередъ равно сопротивленію воды при движеніи бокомъ. Это значитъ, что если корабль идетъ, напримѣръ, 10 узловъ, то для движенія съ тою же скоростью бокомъ потребовались бы машины въ 103, въ 77, въ 58 и въ 152 раза болѣе тѣхъ, которыя двигали его прямо. Для движенія же поповки бокомъ или прямо съ одинаковою скоростью, потребуется машина той же силы. Изъ приведенныхъ цифръ можно заключить, что при большихъ углахъ дрейфа, потеря скорости должна быть громадна, а слѣдовательно, что во время поворота прежнія остаточныя скорости уменьшаются довольно быстро, а съ этимъ и уголъ дрейфа тоже уменьшается. Такимъ образомъ уголъ дрейфа въ концѣ поворота несравненно меньше чѣмъ въ началѣ. Адмиралъ Бургуа, при вращеніи корабля *Solferino*, на основаніи наблюденій съ носа и кормы, вычертилъ двѣ кривыхъ, изъ сравненія которыхъ и вывелъ, что при углѣ руля въ $25^{\circ}$

и 10,6 узловъ хода, дрейфъ былъ 16°. Мы не знаемъ, какъ выведенъ этотъ уголъ, но г. Леваль опровергаетъ выводъ г. Бургуа, говоря, что этотъ уголъ былъ бы слишкомъ великъ. По соображеніямъ г. Леваля, уголъ о которомъ говоритъ г. Бургуа, не могъ быть болѣе 6°. Г. Леваль предложилъ эмпирическую формулу, какъ и остальныя его формулы съ коэффиціентами, выведенными для одного корабля и по ней вычислилъ могущіе быть углы дрейфа для корабля *Heroïne*, при различныхъ скоростяхъ и различныхъ углахъ руля; но, вслѣдъ за таблицею, онъ самъ отказывается отъ нѣкоторыхъ ея цифръ и говоритъ, напримѣръ, что «*уголъ дрейфа при 8-ми узлахъ хода* и рулевомъ углѣ въ 25° можно принять за нуль»; тогда какъ у него въ таблицѣ проставлено противъ этихъ данныхъ *3°24′*. Точно также наибольшій дрейфъ онъ ограничиваетъ 10°, хотя по таблицѣ дрейфъ превосходитъ 12°. Въ концѣ своихъ изслѣдованій г. Леваль откровенно говоритъ, что вопросъ о дрейфѣ имъ только поставленъ, а не рѣшенъ. Г. Леваль предложилъ, по его словамъ, точный способъ опредѣленія величины дрейфа на практикѣ. Поставьте, говоритъ онъ, шлюпку на дрекъ, смѣряйте разстояніе между нею и судномъ; это разстояніе будетъ радіусъ того круга, который судно должно было бы описать, если бы дрейфа не существовало, затѣмъ положите руль и вращайтесь вокругъ шлюпки; далѣе, время отъ времени мѣряйте въ нѣсколькихъ мѣстахъ разстояніе до шлюпки; уголъ между кривою циркуляціи и дугою круга, обозначеннаго точками на фигурѣ 16 и будетъ уголъ дрейфа. Леваль предлагаетъ править такъ, чтобы держать все время шлюпку на траверзѣ. Однако, чтобы держать на траверзѣ понадобится, быть можетъ, трогать руль, чѣмъ нарушится свойство испытываемаго вращенія, а слѣдовательно и искомая величина дрейфа, поэтому мы полагаемъ, что лучше не заботиться о томъ, чтобы шлюпка непремѣнно была на траверзѣ. Такъ или иначе будемъ примѣнять этотъ способъ къ опредѣленію дрейфа, но надо думать, что и этотъ приближенный способъ очень трудно выполнимъ

на практикѣ, по крайней мѣрѣ г. Леваль не приводитъ ни одного случая опредѣленія дрейфа этимъ способомъ. Что касается до вычисленій угла дрейфа, то въ предложенной нами формулѣ (Морск. Сборн. 1872 г. № 11) нѣтъ ни одного коэффиціента, но въ ней заключаются всѣ элементы, вліяющіе на прямое и боковое сопротивленіе воды на корабль; въ формулу также входятъ уголъ, площадь и прочія данныя руля и наконецъ, та скорость, которую имѣетъ корабль во время вращенія. По нашей формулѣ вышло, что англійскій броненосецъ *Bellerophon*, который при поворотѣ съ 12 узловъ, шелъ всего 7,8 узла т.-е. терялъ 4,2 узла и углѣ руля въ $34^1/_2^\circ$ (руль балансирный) имѣлъ средній дрейфъ въ $7^\circ 44'$. Дрейфъ строющагося корвета «Александръ Невскій», при тѣхъ же обстоятельствахъ, т.-е. 12 узлахъ и углѣ руля въ $35^\circ$ съ обыкновеннымъ рулемъ, будетъ около $3^1/_2^\circ$. И такъ, дрейфъ вообще вредитъ поворотливости. Онъ увеличиваетъ время поворота и растягиваетъ кривую, въ сторону первоначальнаго курса. Свойство же дрейфа состоитъ въ томъ, что 1) судно возвращается на первоначальный курсъ прежде, чѣмъ описанная имъ дуга будетъ въ $360^\circ$ и 2) что если поставить быстро руль прямо, то судно пойдетъ по хордѣ, а не по касательной къ кривой, что можно замѣтить во время самаго опыта по струѣ воды, остающейся за кормою. Дрейфованіе всегда слѣдуетъ имѣть въ виду при поворотахъ въ узкостяхъ и между судами. Потерю скорости отъ руля можно вычислить, скорость же во время самаго поворота опредѣлить Массеевымъ лагомъ. Разность этихъ скоростей покажетъ, насколько уменьшается скорость собственно отъ дрейфа.

### О площади руля подверженной дѣйствію винта.

Мы уже говорили, на какую часть руля дѣйствуетъ вода отъ хода корабля; теперь разсмотримъ, какая часть площади руля, и въ какой степени подвержена дѣйствію воды, отбра-

сываемой винтомъ. Возьмемъ обыкновенный руль и винтъ впереди руля (фигура 17). Площадь круга описываемаго винтомъ, напримѣръ на фрегатѣ «Дмитрій Донской», 284 кв. ф. Но не весь винтъ дѣйствуетъ на пользу движенія, не всѣ его точки, опираясь на воду, двигаютъ корабль впередъ, и слѣдовательно не всѣ точки винта отбрасываютъ отъ себя воду. Части винтовыхъ лопастей около вала, будучи поворочены почти параллельно оси вала, очевидно, не только не помогаютъ прочей полезной работѣ винта, но скорѣе даже вредятъ, потому что, имѣя скорость меньшую чѣмъ на оконечностяхъ, онѣ отчасти задерживаютъ быстроту движенія крайнихъ точекъ лопастей. Поэтому и не вся площадь круга, описываемая винтомъ, можетъ быть принята за *дѣйствующую площадь*. Практическая механика, на основаніи различныхъ теоретическихъ и опытныхъ данныхъ, даетъ возможность опредѣлить собственно дѣйствующую площадь. Такъ для фрегата «Дмитрій Донской» при шагѣ въ 30 футъ, дѣйствующая площадь равна 254. Разность между этою площадью и площадью круга, описаннаго радіусомъ винта (284—254) въ 30 кв. футъ, представленная на фигурѣ 17 незатушеваннымъ полукругомъ, дастъ ту часть площади круга, описываемую винтомъ, которую нельзя считать дѣйствующею. Діаметръ этой недѣйствующей площади, величину которой имѣемъ, будетъ почти $5^1/_4$ фута, а потому ее легко можно вычертить. Если фрегатъ идетъ 10 узловъ, причемъ *движущая* сила машины равна напримѣръ 500 паровымъ лошадямъ, то понятно, что дѣйствующая площадь винта соотвѣтствуетъ этимъ 500 силамъ. Зная же чему соотвѣтствуетъ дѣйствующая площадь, мы легко найдемъ, чему соотвѣтствуетъ какая угодно ея часть. Слѣдовательно, опредѣливъ площадь руля, подверженную дѣйствію винта, мы можемъ найдти, какъ велико это дѣйствіе въ паровыхъ лошадяхъ. На фигурѣ 17 обозначена, какая часть руля, какому подвержена дѣйствію воды. Отсюда ясно, что чѣмъ бо́льшая площадь руля будетъ подвергаться дѣйствующей площади винта, тѣмъ сильнѣе

дѣйствіе руля. При 8 узлахъ и углѣ руля въ 23°, на лѣвомъ бортѣ (перо), дѣйствіе воды отъ хода корабля на фрегатѣ равнялось 29,5 пар. силамъ, а дѣйствіе воды, отбрасываемой винтомъ—20,8 пар. силамъ. При другой формѣ руля, или другомъ винтѣ, это отношеніе могло быть обратнымъ, т.-е., дѣйствіе воды на руль отъ хода корабля было бы слабѣе чѣмъ отъ винта. Тоже явленіе впрочемъ можетъ оказаться при тѣхъ же рулѣ и винтѣ, но при углѣ на другомъ бортѣ, потому что, какъ мы доказали, дѣйствіе воды, отбрасываемой винтомъ на русскихъ судахъ, при перѣ руля на правомъ бортѣ, сильнѣе (страница 42).

### О перемѣщеніи движущей силы при рулѣ на бортѣ.

Такъ какъ при рулѣ на бортѣ часть движителя съ одной стороны закрывается площадью руля, то дѣйствіе лопастей винта на пользу движенія уже не симметрично, относительно діаметральной плоскости; поэтому и *равнодѣйствующая движущей силы* подастся въ сторону *противоположную той, на которую положено перо руля*. Результатомъ этого является увеличеніе поперечнаго рычага вращенія, который, какъ видѣли выше, чрезвычайно малъ (страница 32). Увеличеніе, о которомъ мы теперь говоримъ только для того, чтобы по возможности полнѣе изслѣдовать вопросъ о поворотливости, составляетъ для взятаго нами угла руля всего 0,16 фута. И такъ, поперечный рычагъ вращенія въ одновинтовыхъ судахъ составляется изъ двухъ величинъ, происходящихъ отъ той же причины — руля на бортѣ. Изъ нихъ первая часть зависитъ отъ перемѣщенія центра сопротивленія, на что вліяютъ какъ уголъ руля, такъ и скорость, съ которою идетъ корабль; вторая же зависитъ отъ перемѣщенія равнодѣйствующей движущей силы, на что вліяетъ только уголъ руля; слѣдовательно, эта

*вторая часть* при томъ же углѣ руля всегда *постоянная*, при какихъ бы скоростяхъ ни поворачивалъ корабль.

### Задній ходъ.

Первое явленіе, которое прежде всего останавливаетъ вниманіе при заднемъ ходѣ на пароходахъ и шлюпкахъ, это медленность вращенія. Если при переднемъ ходѣ въ 8 узловъ, пароходъ описывалъ полную циркуляцію въ 6 минутъ, то при заднемъ ходѣ и той же скорости 8 узловъ, онъ опишетъ полную циркуляцію въ 7 или болѣе минутъ; тоже замѣчается и на шлюпкахъ. Между тѣмъ при заднемъ ходѣ на пароходахъ и гребныхъ судахъ, когда табанятъ, вода дѣйствуетъ на всю площадь руля, тогда какъ при движеніи впередъ дѣйствіе воды на руль ограничивается одною нижнею его частью. Пока мы говоримъ только о вращающей силѣ руля, оставляя въ сторонѣ рычагъ, на который дѣйствуетъ эта сила, до тѣхъ поръ объясненіе факта дѣлается почти невозможнымъ, несмотря ни на какія натяжки и напротивъ, причина медленности вращенія при заднемъ ходѣ становится очевидною, когда мы вспомнимъ, что продольный рычагъ вращенія уменьшился на десятки, а въ длинныхъ судахъ и на сотни футъ, противъ того чѣмъ онъ былъ при переднемъ ходѣ. Въ самомъ дѣлѣ при заднемъ ходѣ, центръ сопротивленія, а слѣдовательно и центръ вращенія, находятся въ кормѣ, т.-е. очень близко отъ вращающей силы, отчего и продольно-вращающій моментъ дѣлается несравненно менѣе, чѣмъ при переднемъ ходѣ и томъ же углѣ руля, несмотря на то, что скорость корабля, до начала поворота, была въ обоихъ случаяхъ та же. То же слѣдуетъ сказать и о двухвинтовомъ суднѣ, когда оно поворачиваетъ при заднемъ ходѣ однимъ рулемъ. На одновинтовомъ кораблѣ, задній ходъ представляетъ еще большую особенность. Замѣчено, что винтовое судно при *заднемъ ходѣ* всегда очень сильно уклоняется въ *одну и ту*

*же сторону* не только при рулѣ прямо, но и при рулѣ на бортѣ; или, выражаясь иначе, при заднемъ ходѣ руль не дѣйствуетъ. Если наши объясненія о причинахъ явленій при переднемъ ходѣ справедливы, то очевидно, что тѣми же причинами должны объясняться и всѣ явленія при заднемъ ходѣ, такъ какъ физическіе законы природы при всѣхъ обстоятельствахъ остаются неизмѣнными. Мы говорили, что такъ какъ при переднемъ ходѣ центръ сопротивленія воды на подводную часть корабля лежитъ впереди миделя, то и центръ вращенія находится впереди миделя и что, слѣдовательно, при заднемъ ходѣ какъ центръ сопротивленія, такъ и центръ вращенія лежатъ сзади миделя. Далѣе мы объяснили, что равнодѣйствующая, или избытокъ работы воды, отбрасываемой винтомъ при переднемъ ходѣ, идетъ въ сторону направленія нормалей нижней лопасти. Очевидно, что тотъ же законъ остается и для воды, отбрасываемой переднею стороною лопастей, при заднемъ ходѣ. Нормали же къ переднимъ поверхностямъ лопастей составляютъ продолженіе нормалей къ задней поверхности винта и, слѣдовательно равнодѣйствующая при заднемъ ходѣ идетъ ниже оси вала и притомъ справа на лѣво, т.-е. на своемъ продолженіи встрѣчаетъ правую сторону кормового дейдвуда. Разбираемый нами винтъ находится на большинствѣ русскихъ судовъ. На практикѣ замѣчено, что при такомъ винтѣ, суда, при заднемъ ходѣ, уклоняются носомъ влѣво. Изъ сдѣланнаго разбора о работѣ воды, отбрасываемой винтомъ, знаемъ, что сила ея дѣйствуетъ въ правую сторону дейдвуда, но такое направленіе силы уклонить носъ *влѣво* только въ томъ случаѣ, когда центръ вращенія находится позади точки приложенія силы (фигура 18). На этомъ основаніи нужно полагать, что линія вращенія при заднемъ ходѣ лежитъ недалеко отъ винта, и въ самомъ дѣлѣ, если обратимъ вниманіе, то замѣтимъ, что корабль при дѣйствіи машины на задній ходъ вращается какъ бы у ахтерштевня. Гдѣ именно находится центръ вращенія неизвѣстно, но помощью небольшаго опыта можно узнать приближенное мѣсто приложенія

силы воды, отбрасываемой винтомъ при заднемъ ходѣ. Если укрѣпивъ швартовы поверхъ планширя около форштевня дать машинѣ задній ходъ, то при взятомъ нами винтѣ корабль покатится носомъ *вправо* и кормою влѣво, потому что здѣсь невещественный центръ вращенія замѣненъ вещественнымъ и перенесенъ далеко впередъ, т.-е. находится въ точкѣ прикрѣпленія швартововъ, направленіе же и мѣсто приложенія силы остается прежнее. Перенося швартовы назадъ, корабль будетъ катиться носомъ вправо до тѣхъ поръ, пока швартовы не будутъ укрѣплены позади точки приложенія равнодѣйствующей работы воды, отбрасываемой винтомъ. Такимъ образомъ, перемѣна мѣста центра вращенія можетъ при заднемъ ходѣ измѣнять уклоненіе корабля въ ту или другую сторону. Къ производству такого опыта очевидно никакого препятствія не встрѣчается. Его можно сдѣлать на каждомъ суднѣ, при пробѣ машины передъ началомъ кампаніи, и если мачты или другія надстройки не позволятъ судну описать полный кругъ, то достаточно видѣть и одно начало уклоненія. Для полнаго же опыта лучше взять паровой барказъ, безъ мачтъ, съ дымовой трубой, которая опускается, чтобы можно было описать полный кругъ. Если винтъ будетъ при каждомъ перенесеніи швартововъ дѣлать то же число оборотовъ, то время полнаго поворота барказа (на 360°) станетъ уменьшаться по мѣрѣ приближенія точки прикрѣпленія швартововъ, т.-е. центра вращенія, къ миделю; при вращеніи около миделя поворотъ будетъ самый быстрый, а потомъ съ перенесеніемъ швартововъ къ кормѣ, поворотъ будетъ снова дѣлаться медленнѣе. При совмѣщеніи центра вращенія съ точкою приложенія вращающей силы онъ будетъ самый продолжительный.

Первоначальныя явленія увеличенія быстроты поворота объясняются тѣмъ, что боковое сопротивленіе воды дѣлается наименьшимъ, при вращеніи около миделя, настолько, что съ избыткомъ вознаграждаетъ уменьшеніе длины продольнаго рычага и вмѣстѣ съ тѣмъ вращающаго момента, о чемъ было уже

сказано на страницѣ 16. Здѣсь кстати упомянуть объ одномъ изъ замѣчательнѣйшихъ опытовъ на броненосной эскадрѣ. Было приказано судамъ, идущимъ по курсу переднимъ ходомъ, дать задній ходъ, отъ этого суда сначала катились носомъ вправо, потомъ влѣво. Явленія этого опыта объясняются перемѣщеніемъ центра вращенія. Пока сохраняется передній ходъ, линія вращенія находится впереди миделя, и слѣдовательно впереди точки приложенія силы дѣйствія воды, отбрасываемой винтомъ въ правую сторону дейдвуда, а какъ только корабль возьметъ задній ходъ то центръ вращенія переходитъ въ корму на столько, что становится уже сзади той же вращающей силы. Въ таблицѣ *), которая содержитъ въ себѣ явленія этого опыта, встрѣчаются какъ-бы противорѣчащія показанія; но прежде чѣмъ ихъ разбирать, необходимо покончить съ явленіями задняго хода вообще, потомъ сказать о вліяніи вѣтра и о чувствительности руля, т.-е. о способности корабля повиноваться рулю при малѣйшемъ его движеніи.

Посмотримъ, какъ объясняютъ причину постояннаго уклоненія въ одну сторону при заднемъ ходѣ французскіе офицеры г. Леваль и г. Бургуа. Начнемъ съ г. Леваля, который изслѣдованіе о формѣ циркуляціи судовъ и о явленіяхъ поворотливости началъ съ заявленія, что суда при переднемъ ходѣ и рулѣ прямо уклоняются въ одну сторону. Заявивъ объ этомъ фактѣ, г. Леваль ни однимъ словомъ не объяснилъ его.

О центрѣ или линіи вращенія онъ не сказалъ отъ себя ничего, но упомянулъ только о существующемъ мнѣніи, что суда вращаются около центра тяжести. Принимая эту гипотезу за истину, г. Леваль причину уклоненія одновинтовыхъ судовъ всегда въ одну сторону *при заднемъ ходѣ* объясняетъ тѣмъ, что вслѣдствіе вращенія винта струя воды, отбрасываемая имъ, бьетъ въ правую сторону подзора **). Объясненіе это

*) Морск. Сборн. № 5, 1871 года, Историческій журналъ эскадры броненосныхъ судовъ.

**) Мы говоримъ о винтѣ на русскихъ судахъ.

неудовлетворительно, потому что въ лѣвую сторону подзора бьетъ вода, отбрасываемая верхнею лопастью, работа которой значительно меньше работы нижней лопасти, вода отъ которой отбрасывается въ правую сторону дейдвуда. При заднемъ ходѣ разность работъ лопастей увеличивается еще болѣе и вотъ почему. Обводы ватерлиній выше вала, т.-е. соотвѣтствующіе верхней лопасти, имѣютъ полноту и притомъ очень большую, тогда какъ ниже вала идетъ дейдвудъ почти плоскій. А потому и продольно-вращающая сила, часть отъ всей работы лопасти, будетъ для верхней лопасти меньше, чѣмъ для нижней. Несмотря однако на все это г. Леваль принялъ работу только верхней лопасти, отбрасывающей воду въ лѣвую сторону подзора. Этимъ невѣрнымъ положеніемъ въ совокупности съ тѣмъ, что центръ вращенія принимался имъ неизмѣннымъ въ центрѣ тяжести, г. Леваль объяснялъ собственно одно явленіе задняго хода — постоянное уклоненіе *одновинтовыхъ* судовъ всегда въ туже сторону при заднемъ ходѣ. Еслибы онъ то же разсужденіе, т.-е. работу одной верхней лопасти, приложилъ къ переднему ходу, то его корабли должны были бы уклоняться, при рулѣ прямо, въ сторону противоположную той, куда они катятся при заднемъ ходѣ; фактъ же говорилъ противное, а потому г. Леваль, заявивъ о фактѣ уклоненія судовъ при рулѣ прямо и сознавая, что его объясненіе для задняго хода неприложимо къ переднему, и не объяснилъ причинъ явленій передняго хода. Если же предположить, что г. Леваль, говоря объ ударѣ воды въ подзоръ, допускаетъ только одно кругообразное вращеніе воды, то и тогда объясненіе ничего не выигрываетъ; что же касается до теченія, образуемаго водою, отбрасываемою винтомъ, то о немъ г. Леваль вовсе не упоминаетъ.

Другой французскій офицеръ г. Бургуа сдѣлалъ, по нашему мнѣнію, еще большую ошибку для объясненія причинъ уклоненія. Адмиралъ Бургуа какъ-бы признаетъ что вода, возмущаемая винтомъ получаетъ только одно *круговое* движеніе, что очевидно

не вѣрно, потому что самое движеніе судна зависитъ именно отъ того, что винтъ, по образованію своихъ лопастей, отталкивается отъ воды во всякій моментъ несравненно болѣе по горизонтальному, чѣмъ по вертикальному направленію, въ особенности въ самыхъ дѣйствительныхъ точкахъ, т.-е. при окопечностяхъ лопастей. Г. Бургуа говоритъ, что во время вращенія винта, при заднемъ ходѣ, масса воды, *подымаемая* (?) лопастями съ одной стороны, стоитъ выше чѣмъ уровень воды съ другой стороны, отчего гидростатическое давленіе нарушается и корма катится въ сторону меньшаго давленія а слѣдовательно видимое движеніе носа будетъ въ обратную сторону. При переднемъ ходѣ, говоритъ г. Бургуа, пониженіе и повышеніе жидкихъ частицъ происходитъ только въ остающейся позади судна струѣ, а потому фактъ существованія этого явленія (т.-е. постояннаго уклоненія судна) и не имѣетъ вліянія на эволюцію судна. Если же объясненіе г. Бургуа приложить *къ переднему* ходу, то уклоненіе судовъ должно было бы быть при рулѣ прямо въ сторону обратную той, куда они катятся при заднемъ ходѣ. Такъ какъ объясненіе г. Бургуа противорѣчитъ дѣйствительности, то онъ и отрицаетъ самый фактъ постояннаго уклоненія одновинтовыхъ судовъ при переднемъ ходѣ и рулѣ прямо. Мы начнемъ разборъ доводовъ г. Бургуа, съ его отрицанія факта извѣстнаго всякому моряку. Такое отрицаніе со стороны г. Бургуа доказываетъ только, что онъ самъ не производилъ опытовъ и было бы интересно знать, какъ бы г. Бургуа объяснилъ явленіе уклоненія корабля при быстрой перемѣнѣ передняго хода на задній. Въ этомъ опытѣ возвышеніе воды, если его и допустить, происходитъ все время съ одной стороны, а между тѣмъ корабль катится сначала въ одну сторону, а потомъ въ другую. Самое предположеніе накопленія воды на одной сторонѣ подвержено сильному сомнѣнію; для простого глаза это положительно не замѣтно. При заднемъ ходѣ уклоненіе судовъ бываетъ очень быстрое, а для этого нужно, чтобы разность гидростатическихъ давленій, т.-е. пониженіе уровня воды съ одной стороны было бы очень значительно и никакъ

не менѣе нѣсколькихъ футъ, чего однако въ дѣйствительности не бываетъ. По объясненію г. Бургуа при заднемъ ходѣ наибольшее движеніе принадлежитъ кормѣ, т.-е. именно той точкѣ, которая наименѣе уступаетъ усиліямъ вращающей силы. Наконецъ, постоянное и сильное уклоненіе судна въ одну сторону, при заднемъ ходѣ и рулѣ прямо, бываетъ и у такихъ судовъ, у которыхъ корма не имѣетъ надводной части какъ, напримѣръ, на мониторѣ «Перунъ», и гдѣ слѣдовательно накопленіе воды не имѣетъ значенія, а еслибы оно и было, то большая волна и въ штиль заливала бы палубу монитора, чего однако не замѣчено.

Мы полагаемъ, что объясненіе причинъ уклоненія при переднемъ и заднемъ ходѣ, послѣ знакомства съ идеею о перемѣщеніи центра вращенія *) изъ передней части корабля совсѣмъ въ корму, становится довольно простымъ. Г. Леваль принимаетъ, что центръ вращенія остается постоянно въ центрѣ тяжести, а г. Бургуа допускаетъ, что онъ перемѣщается, отъ центра тяжести, впередъ и даже можетъ находится впереди форштевня внѣ корабля. Ни г. Бургуа, ни г. Леваль, точно также ни однимъ словомъ не упомянули о поперечно-вращающихъ моментахъ, а потому и не приступали къ объясненію дѣйствія боковыхъ рулей и вліянія крена на поворотливость.

Прежде чѣмъ переходить къ дѣйствію или, вѣрнѣе, къ условію въ которомъ находится руль при заднемъ ходѣ, остановимся нѣсколько на вліяніи кормовыхъ обводовъ. Предположимъ, что дейдвуда нѣтъ и что обводы ниже и выше грузовой одинаковы, тогда и разностьработъ воды, отбрасываемой лопастями, будетъ меньше; если же напротивъ, нижніе обводы будутъ полнѣе, тогда можетъ возстановиться равенство и корабль перестанетъ уклоняться. Наконецъ, если корма будетъ совсѣмъ плоская, тогда продольно-вращающая сила обратится въ одно треніе, но отъ поперечно-

*) Г. Бургуа центромъ вращенія называетъ центръ циркуляціи, а то, что мы называемъ центромъ, или линіей вращенія, Бургуа называетъ точкою вращенія.

вращающей силы, которая образуется вслѣдствіе все того же преимущества давленія воды, отбрасываемой нижнею лопастью, корабль станетъ уклоняться все-же въ одну сторону, хотя и очень медленно. Дѣйствіе воды, отбрасываемой винтомъ при заднемъ ходѣ, будетъ больше, потому что эта вода ударяетъ въ самые обводы судна. Такимъ образомъ, происходитъ теченіе обратное движенію судна и слѣдовательно, корабль движется какъ-бы противъ теченія; поэтому, при заднемъ ходѣ корабль преодолѣваетъ не только обыкновенное сопротивленіе воды на подводную часть, но и напоръ искусственнаго теченія воды, образуемаго вращеніемъ винта; результатомъ этого усиленнаго сопротивленія выходитъ то, что корабль, при томъ же числѣ оборотовъ винта, т.-е. при той же движущей силѣ машины, скорѣе идетъ при переднемъ, чѣмъ при заднемъ ходѣ. Достоинство винтовъ относительно радіональнаго дѣйствія воды, помощью уклоненія корабля, хорошо испытывать и при заднемъ ходѣ, какъ это мы предлагали дѣлать для переднаго хода. Отъ какого винта, при одинаковомъ числѣ оборотовъ, корабль при заднемъ ходѣ, штилѣ и рулѣ прямо будетъ медленнѣе вращаться, тотъ винтъ и лучше для задняго хода.

### О дѣйствіи руля при заднемъ ходѣ.

При заднемъ ходѣ вода, отбрасываемая винтомъ на правую сторону дейдвуда, образуетъ вращающую силу, дѣйствующую на продольный рычагъ, который, вслѣдствіе близкаго разстоянія центра вращенія отъ точки приложенія силы, вообще не великъ (фигура 18). Чтобы заставить уклоняться носъ вправо, нужно положить перо руля на лѣвый бортъ. При этомъ положеніи руля, на всю его площадь дѣйствуетъ только одна вода отъ (задняго) хода корабля. Сила этого дѣйствія воды, точно также какъ и при переднемъ ходѣ, приложенная въ центрѣ

давленія воды на площадь руля, можетъ быть разсматриваема какъ состоящая изъ двухъ силъ (фигура 19): одна, параллельная діаметральной плоскости, нарушая симметричность сопротивленія воды на корабль, служитъ причиною образованія поперечно-вращающаго момента, который дѣйствуетъ въ пользу уклоненія носа вправо и другая, перпендикулярная къ діаметральной плоскости, дѣйствующая на продольный рычагъ, котораго длина есть разстояніе отъ центра давленія воды на руль до центра вращенія. Суда при заднемъ ходѣ чрезвычайно рѣдко слушаютъ руля, между тѣмъ, сила руля вообще и при заднемъ ходѣ сама по себѣ можетъ быть довольна велика. Недостатокъ въ техническомъ устройствѣ руля не позволяетъ класть его на большой уголъ, при которомъ онъ если и не заставлялъ бы носъ судна уклоняться по желанію, то сильнѣйшимъ бы образомъ противодѣйствовалъ винту.

Дѣйствіе воды, отбрасываемой винтомъ на дейдвудъ тѣмъ меньше, чѣмъ меньше дейдвудъ и чѣмъ полнѣе кормовые обводы. Зная условія, при которыхъ вращающіе моменты будутъ большіе, мы легко найдемъ какія необходимы средства для управленія кораблемъ при заднемъ ходѣ. Напримѣръ, на одновинтовомъ суднѣ нужно: 1) чтобы уголъ и площадь руля были больше, 2) чтобы разстояніе этого руля отъ центра вращенія было наибольшее, для чего необходимо имѣть руль на форштевнѣ. Тогда сила руля, хотя бы всего въ 10 пар. лош., при рычагѣ въ 260 футъ (для фрегата Дмитрій Донской), дала бы вращающій моментъ въ 2600 ф. пар. силъ. Между тѣмъ какъ при рулѣ на ахтерштевнѣ, сила его при 8 узлахъ и углѣ 26°, около 124 лош. силъ, которая, дѣйствуя на вѣроятную длину рычага въ 11 футъ, даетъ только 1364 фут-пар. силъ; 3) чтобы въ дейдвудѣ также былъ вдѣланъ руль (передній), управляя которымъ, легко сдѣлать, чтобы большая часть струи воды, отбрасываемой винтомъ, дѣйствовала на пользу уклоненія носа вправо. Для этой же цѣли можно употреблять и боковые рули по сторонамъ дейдвуда, по

нѣсколько впереди кормового переднаго руля (фигура 20). Для безошибочнаго управленія этими рулями, нужно опредѣлить изъ опытовъ точку приложенія силы дѣйствія воды, отбрасываемой винтомъ.

По опытамъ адмирала Бутакова, каноперская лодка, при заднемъ ходѣ въ $3^1/_2$ узла и рулѣ прямо, описала кругъ въ 6 м. 9 с., а при переднемъ и рулѣ прямо почти въ часъ, т.-е. въ 9,2 раза медленнѣе, чѣмъ при заднемъ ходѣ, а для этого требуется, чтобы моментъ вращающей силы, при заднемъ ходѣ, былъ въ $(9,2)^3 = 778$ разъ болѣе чѣмъ при переднемъ. Мы не останавливаемся долѣе на разборѣ этого интереснаго опыта, чтобы избѣжать по возможности цифръ, для желающихъ же опредѣлить приближенную силу дѣйствія воды, отбрасываемой винтомъ на руль, при переднемъ ходѣ и на дейдвудъ при заднемъ, скажемъ, что длина лодки была 111 футъ. Къ управленію при заднемъ ходѣ могутъ отчасти служить и боковые рули, но не выдвижныя плоскости по сторонамъ миделя.

### Средства къ управленію при заднемъ ходѣ.

*Передніе рули.* Переднимъ рулемъ называется всякій руль впереди винта и притомъ такой, который, будучи въ прямомъ положеніи, находится въ діаметральной плоскости. Такіе рули дѣлаются или на форштевнѣ или въ дейдвудахъ. Изъ нихъ на носовые будетъ дѣйствовать только вода отъ хода корабля, но за то продольный рычагъ вращенія будетъ очень длиненъ. На кормовой же передній руль дѣйствуетъ, кромѣ воды отъ хода корабля, еще и вода, отбрасываемая винтомъ и хотя при этомъ рулѣ продольный рычагъ очень малъ, но самая вращающая сила чрезвычайно велика. Понятно, что для дѣйствія всѣми рулями одновременно, можетъ быть придется носовые рули класть на одинъ бортъ, а кормовой на другой, смотря потому,

гдѣ онъ помѣщается, впереди или позади центра вращенія (фигура 21). Такъ какъ струя, отбрасываемая винтомъ, во всякомъ случаѣ, шире площади передняго кормового руля и какъ та часть теченія, которая не встрѣтитъ площади руля, встрѣтивъ дейдвудъ будетъ односторонне стремиться уклонить носъ влѣво, то для уничтоженія и этого обстоятельства навѣшиваютъ боковые рули по сторонамъ дейдвуда.

*Боковые рули.* Боковой руль дѣйствуетъ точно также какъ передній и задній рули, т.-е. онъ порождаетъ какъ поперечно-вращающій, такъ и продольно-вращающій моменты и дѣйствіе его будетъ больше, 1) когда оба момента дѣйствуютъ на пользу вращенія въ одну и туже сторону, 2) когда каждый изъ рычаговъ будетъ, по возможности, больше. Но при одновременномъ дѣйствіи обоими боковыми рулями, *разстояніе ихъ отъ діаметральной плоскости не вліяетъ на увеличеніе поперечнаго рычага вращенія.* На основаніи всѣхъ выше приведенныхъ соображеній, о мѣстѣ центра вращенія, при поворотѣ съ задняго хода, нужно полагать, что боковые рули *всегда будутъ впереди* его и тогда при дѣйствіи однимъ боковымъ рулемъ, на сторонѣ противоположной той, куда желаютъ чтобы катился носъ, оба вращательные момента дѣйствуютъ за-одно, а при дѣйствіи бокового руля на той же сторонѣ куда долженъ катиться носъ судна, поперечно-вращающій моментъ противодѣйствуетъ продольно-вращающему моменту. Если же боковые рули будутъ *сзади центра вращенія*, то приведенное свойство одиночнаго ихъ дѣйствія будетъ обратное. При управленіи боковыми рулями и ихъ помѣщеніи слѣдуетъ наблюдать, чтобы не образовалось *вещественнаго* угла.

Вещественнымъ угломъ мы здѣсь называемъ такой уголъ, при которомъ руль положенный на бортъ, прикасаясь кромкой къ обводамъ корабля, образуетъ пространство для застойной воды, которая, вслѣдствіе давленія на нее воды отъ хода корабля и отъ воды, отбрасываемой винтомъ, передаетъ это давленіе какъ на руль, въ пользу вращенія, такъ и на обводы

корабля, во вредъ желаемому уклоненію передней части (фигура 22).

На основаніи дѣйствія бокового руля необходимо приходимъ къ заключенію, что если выдвижная боковая плоскость будетъ поставлена подъ угломъ къ діаметральной плоскости, то явится продольный рычагъ вращенія, а съ нимъ и продольно-вращающій моментъ, который, вмѣстѣ съ поперечно-вращающимъ моментомъ, можетъ иногда произвести уклоненіе корабля въ тѣхъ случаяхъ, гдѣ одинъ поперечно-вращающій моментъ былъ не въ состояніи даже обнаружить своего дѣйствія.

Техническія условія боковыхъ рулей тѣ же что задняго и передняго рулей, т.-е. управленіе ими и осмотръ ихъ должны быть удобны. Одновременное употребленіе многихъ боковыхъ и переднихъ рулей сильно уменьшитъ ходъ корабля, и хотя тѣмъ самымъ уменьшитъ ихъ дѣйствіе, замедливъ нѣсколько время поворота, но самый поворотъ совершится на меньшемъ пространствѣ.

### Двухвинтовыя суда.

Мы уже знаемъ, что главную вращательную силу на двухвинтовыхъ судахъ составляетъ *поперечно-вращающій моментъ* самыхъ винтовъ. Теперь разсмотримъ вліяніе воды, отбрасываемой винтами. Дѣйствіе этой воды порождаетъ и на двухвинтовомъ суднѣ, продольно-вращающіе моменты, способствующіе или препятствующіе повороту. Положимъ, что оба винта при переднемъ ходѣ вертятся верхними лопастями внутрь судна. При вращеніи съ мѣста, центръ вращенія находится недалеко отъ миделя, но какъ при равномѣрномъ дѣйствіи винтовъ одного на передній, а другого на задній ходъ, движеніе будетъ все-же впередъ (страница 62),

то центръ вращенія будетъ впереди миделя. Положимъ, что правая машина работаетъ на передній ходъ, а лѣвая на задній. Правый винтъ образуетъ теченіе, которое ударяетъ, на подобіе воды выбрасываемой трубою водопротока, въ неподвижную массу воды, окружающую корабль, по направленію слѣва на право и тѣмъ старается уклонить корму судна влѣво, т.-е. противодѣйствуетъ повороту. Лѣвый винтъ отбрасываетъ, воду въ лѣвую сторону кормового дейдвуда позади центра вращенія, а слѣдовательно, помогаетъ повороту.

При поворотѣ однимъ винтами съ передняго хода, этотъ прибавочный вращающій моментъ лѣваго винта будетъ еще болѣе потому, что при большей скорости центръ вращенія ближе къ форштевню. Въ обоихъ этихъ случаяхъ вращенія, руль (перо) выгоднѣе класть въ сторону винта, работающаго заднимъ ходомъ, на возможно бо́льшій уголъ и еще лучше на 90°, такъ какъ руль болѣе вредитъ повороту чѣмъ помогаетъ ему.

Поворачивая винтами съ задняго хода центръ вращенія будетъ въ кормѣ и дѣйствіе воды, отбрасываемой лѣвымъ винтомъ, бывшее полезнымъ при поворотѣ съ мѣста и при переднемъ ходѣ, теперь сдѣлается вреднымъ. Дѣйствіе воды, отбрасываемой правымъ винтомъ, будетъ ничтожно, потому что при заднемъ ходѣ продольный рычагъ очень малъ. Руль, какъ отстоящій очень близко отъ центра вращенія, лучше оставлять прямо, если нельзя его убрать.

Если же винты при переднемъ ходѣ будутъ вертѣться верхними лопастями отъ діаметральной плоскости, то и дѣйствіе воды, отбрасываемой винтами, будетъ обратное т.-е. при переднемъ ходѣ оно станетъ уменьшать поворотливость, при заднемъ же способствовать ей; а какъ всегда почти поворачиваютъ съ передняго хода, то выгоднѣе употреблять винты, вращающіеся при переднемъ ходѣ внутрь судна.

Если дѣйствовать одною машиною на передній ходъ и перо руля положить на тотъ же бортъ, то судно можетъ идти по курсу.

Въ этомъ случаѣ поперечно-вращающій моментъ работающаго винта и продольно-вращающій моментъ руля, будутъ между собою равны. Напримѣръ, если двухбашенная лодка «Смерчъ», идя 8 узловъ при рулѣ прямо, остановитъ лѣвую машину и въ тотъ же моментъ положитъ руль (перо) на правый бортъ подъ угломъ до 27°, то лодка останется на курсѣ и будетъ имѣть около 6 узловъ. Эти обстоятельства могутъ быть только при штилѣ. Если на «Смерчѣ» нельзя класть руля на бортъ, также быстро, какъ это позволяетъ механическій рулевой аппаратъ, то для того, чтобы остановивъ лѣвую машину лодка не бросилась въ лѣвую сторону, нужно машину останавливать постепенно, по мѣрѣ того, какъ будутъ класть руль. Безъ этой снаровки, опытъ можетъ дать иные результаты противъ приведенныхъ. Точно также результаты будутъ другіе, если опытъ произвести при вѣтрѣ, на теченіи, или на волненіи и не только другіе, но можетъ оказаться, что лодка и совсѣмъ неспособна идти по курсу работая однимъ винтомъ. Въ самомъ дѣлѣ, дѣйствіе руля на двухвинтовомъ суднѣ зависитъ главнымъ образомъ отъ скорости судна *), тогда какъ вращающій моментъ винта зависитъ отъ собственной силы, но не отъ скорости корабля. Если при штилѣ и 8 узлахъ хода движущая сила каждаго винта равна 133 пар. лошадямъ, то при вѣтрѣ и 8 узлахъ, сила каждаго винта болѣе, а дѣйствіе руля почти то же, и потому понятно, что «Смерчъ», при вѣтрѣ, работая одною правою машиною, не останется на курсѣ при углѣ руля въ 27°, а станетъ уклоняться отъ дѣйствія винта въ лѣвую сторону. Для удержанія же на курсѣ можетъ быть будетъ недостаточно даже и увеличенія угла руля; въ такомъ случаѣ съ большою пользою можетъ служить передняя выдвижная плоскость и передній руль на форштевнѣ. Однажды «Смерчъ», подъ командою капитанъ-лейтенанта Тыртова, при выходѣ изъ

*) На „Смерчѣ“, вода, отбрасываемая винтомъ, начинаетъ дѣйствовать на руль при углѣ болѣе 17°.

шхеръ встрѣтилъ вѣтеръ и волненіе, отчего ходъ его сдѣлался вмѣсто 6 узловъ, 2. Тогда капитанъ остановилъ одну машину и положилъ задній руль до 30°, а передній до 27°, при чемъ лодка держалась на курсѣ.

Удержать двухвинтовое судно на курсѣ имѣя одну машину застопоренною, а другую работающею на задній ходъ, при одномъ заднемъ рулѣ, невозможно и понятно почему; но при рулѣ на форштевнѣ это почти всегда выполнимо, въ особенности когда винтъ, при заднемъ ходѣ, отбрасываетъ воду на дейдвудъ, т.-е.: когда винты при переднемъ ходѣ вертятся внутрь судна.

### Чувствительность корабля къ рулю.

Кромѣ всего того, что выставлено нами какъ необходимость для хорошей поворотливости со стороны формы подводной части и со стороны величины вращающихъ моментовъ, каждый корабль долженъ обладать еще однимъ свойствомъ, составляющимъ непремѣнную принадлежность поворотливаго судна; это *чувствительностью къ рулю*, т.-е., чтобы съ выводомъ руля изъ діаметральной плоскости корабль начиналъ немедленно катиться, а также и быстро-бы останавливался съ приведеніемъ руля въ прямое положеніе. Для этого свойства требуется уменьшеніе такъ-называемаго момента инерціи оконечностей корабля, который выражается произведеніемъ изъ вѣса оконечностей на квадратъ ихъ разстоянія до оси вращенія. Этого можно достигать двумя способами: 1) уменьшая тяжесть корабельныхъ стѣнъ въ носу и кормѣ, и 2) отодвигая отъ оконечностей тяжелыя вещи, входящія въ вооруженіе и снабженіе корабля. Другими словами, для чувствительности корабля къ рулю, требуется не только плавучесть оконечностей, но и вообще возможная ихъ легкость. Современныя боевыя

требованія отъ судовъ, какъ примѣненіе таранов и обшивка бронею идутъ совершенно въ разрѣзъ съ тѣмъ, что необходимо для чувствительности кораблей къ рулю. На нѣкоторыхъ броненосныхъ судахъ окопечности стараются облегчить тѣмъ, что надводную носовую часть надстраиваютъ изъ тонкаго листового желѣза или, какъ на нашемъ фрегатѣ «Севастополь», вовсе не дѣлаютъ.

О степени чувствительности кораблей къ рулю можно знать изъ слѣдующей таблицы, если она будетъ наполнена цифрами, взятыми изъ наблюденій.

| Имя судна | Ходъ передъ поворотомъ. | Уголъ руля. | Время полнаго поворота. | Послѣ того какъ руль поставленъ прямо корабль перекатился на | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Число градусовъ | Установ. на курсѣ [1]) черезъ минутъ | секундъ |
| | | | | | | |

Чтобы осязательнѣе понять, что требуется для чувствительности къ рулю положимъ, что мы имѣемъ корабль длиною (между крайними питевнями) 220 футъ, что при поворотѣ съ передняго хода линія вращенія отстоитъ отъ форштевня на 20 футъ. Пусть передній выступъ будетъ-ли то тарапъ или рангоутъ, вѣситъ 10 тонпъ. Моментъ инерціи этого вѣса будетъ произведеніе изъ 10 на 20 въ квадратѣ, равное 4000 футотоннамъ. Если сзади ахтерштевня выступъ, хотя-бы продолженіе подзора, вѣситъ всего одинъ тонпъ, то моментъ его инерціи равняется произведенію изъ одного тонна на квадратъ 200 футъ, т.-е., на разстояніе до линіи вращенія, что соста-

*) Послѣ того какъ корабль перекатившись, при рулѣ поставленномъ прямо, станетъ возвращаться на курсъ или остановится, нужно уже дѣйствовать рулемъ потому что иначе, вслѣдствіе движенія воды, отбрасываемой винтомъ, корабль самъ по себѣ можетъ никогда не установиться на курсѣ.

витъ 40000 футо-тоннъ, цифра въ 10 разъ большая противъ 4000, момента инерціи передняго выступа, тогда какъ для разсматриваемаго нами свойства, чувствительности къ рулю, эти величины должны быть равны. Этотъ, самъ по себѣ, грубый примѣръ показываетъ наглядно, что нужно для этого условія поворотливости. Изъ нашихъ судовъ особенно недоброкачественны съ этой стороны батарея «Первенецъ» и отчасти мониторы. Если-бы у «Первенца» не было тяжелаго кормового свѣса, сдѣланнаго кажется въ защиту руля, а на мониторахъ кормовыхъ свѣсовъ, то чувствительность этихъ судовъ къ рулю значительно-бы выиграла. Башенный фрегатъ «Адмиралъ Чичаговъ», у котораго есть тарапъ, но нѣтъ кормового выступа, обладаетъ достаточною чувствительностью, которая выражается тѣмъ, что онъ съ полнаго поворота при рулѣ, поставленномъ прямо, перекатывается менѣе чѣмъ на одинъ румбъ и устанавливается на курсѣ въ 7 секундъ. Да и такъ понятно что корма, почти безъ всякаго водоизмѣщенія въ своемъ подзорѣ, винтъ и передніе штевни, настолько неплавучи, что сами по себѣ съ избыткомъ вредятъ чувствительности корабля, и всякое увеличеніе въ вѣсѣ кормовой части еще болѣе ухудшаетъ недостатки для хорошей поворотливости.

Теперь мы перейдемъ къ явленіямъ поворотливости, и прежде всего скажемъ о кренѣ.

### О кренѣ корабля во время поворота.

Изъ опытовъ надъ иностранными судами замѣчено, что корабли, если до начала поворота и не имѣли крена, то во время поворота получаютъ кренъ, при переднемъ ходѣ на сторону обратную той, на которой лежитъ перо руля, или говоря вообще, отъ центра циркуляціи. Явленіе это становится понятнымъ, когда мы обратимъ вниманіе на слѣдующія два об-

стоятельства (фиг. 23). Равнодѣйствующая удара или давленія воды руль, какъ отъ хода корабля, такъ и отъ отбрасываемой винтомъ, находится ниже оси гребнаго вала, а слѣдовательно значительно ниже метацентра, поэтому *продольно-вращающая сила*, идущая перпендикулярно къ діаметральной плоскости и дѣйствующая на разстояніе до метацентра, *образуетъ кренящій моментъ*, который стремится наклонить корабль въ сторону пера руля. Но какъ корабль, вслѣдствіе той же продольно-вращающей силы, получилъ вращеніе, то боковое давленіе воды на сторону корабля, обратную той на которую положено перо руля, дѣлается довольно большимъ; а какъ центръ этой силы, т.-е. бокового давленія воды на подводную часть, лежитъ также значительно ниже грузовой, то и здѣсь образуется кренящій моментъ, рычагъ котораго будетъ разстояніе отъ центра давленія воды на подводную часть до метацентра. Этотъ послѣдній кренящій моментъ очевидно стремится накренить корабль на свою сторону. Опытъ показываетъ, что перевѣсъ остается на сторонѣ кренящаго момента бокового подводнаго давленія воды. Понятно, что чѣмъ быстрѣе поворотъ, тѣмъ больше боковое сопротивленіе, тѣмъ больше кренъ. Этимъ явленіемъ крена мы еще разъ подтвердимъ нашъ выводъ, что *при переднемъ ходѣ, центръ вращенія лежитъ* далеко *впереди* миделя. Въ самомъ дѣлѣ, если мы допустимъ, какъ думали прежде и какъ допускалъ Леваль, что линія вращенія находится въ плоскости мидель-шпангоута или въ центрѣ тяжести, тогда въ случаѣ вращенія, напримѣръ, носомъ влѣво, продольно-вращающая сила будетъ кренить корабль въ лѣвую сторону; боковое же подводное давленіе воды на кормовую часть въ правую, а боковое подводное давленіе воды на носовую часть кренитъ тоже, какъ и продольно вращающаяся сила на лѣвый бортъ; а какъ кормовое и носовое давленія воды близки къ равенству, то перевѣсъ будетъ скорѣе на той сторонѣ, къ которой присоединится и кренящій моментъ руля, т.-е., если линія вращенія находится въ центрѣ тяжести, то

кренъ долженъ бы быть на лѣвую сторону; въ дѣйствительности же онъ бываетъ, во взятомъ примѣрѣ, на правый бортъ. Поэтому надо допустить, что и подводное давленіе воды на часть корабля сзади центра вращенія, а слѣдовательно и самая эта часть, т.-е. ея длина, значительно больше части впереди центра вращенія. Потомъ замѣчено, что при маломъ углѣ руля или при медленномъ вращеніи, крена почти не бываетъ или онъ неуловимъ для наблюденій по обыкновенному кренометру; при быстромъ же вращеніи кренъ доходитъ до нѣсколькихъ градусовъ. Въ этомъ обстоятельствѣ точно также можно видѣть подтвержденіе того, что при быстромъ ходѣ центръ вращенія находится ближе къ форштевню, отчего излишекъ крепящаго момента бокового подводнаго давленія воды на кормовую часть становится еще большимъ, чѣмъ при меньшихъ скоростяхъ. На нашихъ судахъ, кренъ наблюдался командирами пароходовъ: «Храбрый» и «Ильмень». На послѣднемъ опытъ былъ произведенъ въ присутствіи начальника броненосной эскадры. На «Храбромъ» кренъ былъ замѣченъ въ $2^1/_2{}^\circ$, а на «Ильменѣ» въ $1^1/_2{}^\circ$. Въ обоихъ случаяхъ пароходы крепились на ту сторону которая противоположна центру циркуляціи. Командиръ парохода «Ильмень», капитанъ-лейтенантъ де-Ливронъ, сообщилъ очень любопытный фактъ, что когда быстро отводили руль до прямого положенія, то кренъ увеличивался и это увеличеніе происходило въ видѣ толчка, затѣмъ кренъ быстро уменьшался и съ прекращеніемъ вращенія совсѣмъ уничтожался. Этотъ фактъ объясняется очень просто тѣмъ, что въ первыя секунды послѣ того какъ руль быстро поставятъ прямо, пароходъ вслѣдствіе инерціи продолжаетъ сохранять свою вращательную скорость, а слѣдовательно и кренящую силу бокового давленія воды, которая съ уничтоженіемъ противодѣйствія кренящаго момента руля, очевидно, вдругъ увеличиваетъ кренъ.

Поперечно-вращающая сила, идущая горизонтально и параллельно діаметральной плоскости, сама по себѣ не произво-

дить никакого стремленія накренить корабль, но какъ она производитъ вращеніе, вслѣдствіе котораго является съ одной стороны усиленное подводное боковое давленіе воды, то долженъ быть и кренъ. Наблюденій надъ крепомъ при вращеніи двухвинтовыхъ судовъ кажется нѣтъ. Надъ креномъ корабля при вращеніи и заднемъ ходѣ мы не знаемъ ни одного наблюденія, но приближенно можемъ сказать, что онъ долженъ быть какъ на винтовыхъ судахъ, такъ и на пароходахъ тоже отъ центра циркуляціи, хотя несравненно меньше чѣмъ при той же скорости вращенія, но при переднемъ ходѣ, потому что при заднемъ ходѣ продольно-вращающая сила въ нѣсколько разъ болѣе чѣмъ при переднемъ ходѣ, при равныхъ вращающихъ моментахъ. На судахъ съ большимъ дейдвудомъ, можетъ случиться, что крепящіе моменты, при заднемъ ходѣ, воды отбрасываемой винтомъ и бокового давленія воды на подводную часть корабля, не только будутъ уравновѣшиваться одинъ другимъ, но крепящій моментъ давленія воды, отбрасываемой винтомъ на дейдвудъ, будетъ больше и произведетъ кренъ на свою сторону, для русскихъ судовъ на правую, въ особенности при большомъ числѣ оборотовъ винта на неповоротливомъ кораблѣ.

Для уменьшенія естественнаго крена во время поворота, необходимы тѣ же средства, какъ и для усиленія остойчивости. Какъ же вліятъ этотъ кренъ на продолжительность поворота? Кренъ, какъ мы объясняли, нарушаетъ симметричность корабля, и переводитъ центръ сопротивленія на сторону крена, а потому образуетъ поперечно-вращающій моментъ, который дѣйствуетъ не на пользу вращенія, а потому замедляетъ поворотъ, но какъ онъ вообще чрезвычайно малъ, то производимое имъ замедленіе можетъ быть не замѣчено при довольно тщательныхъ наблюденіяхъ; и если чему вредитъ естественный и перемѣнчивый кренъ, то это дѣйствію артиллеріи.

### Вліяніе вѣтра на поворотливость.

Дѣйствіе вѣтра на весь надводный бортъ, можетъ быть разсматриваемо какъ одна сила, приложенная въ одной точкѣ. Возьмемъ корабль, котораго наружный бортъ, рангоутъ и всѣ надстройки расположены симметрично, впереди и позади его середины, и предположимъ, что вѣтеръ дуетъ съ праваго траверза. Понятно, что при такомъ условіи вѣтеръ будетъ двигать судно бокомъ и точка приложенія всей силы вѣтра на корабль будетъ посереднѣ длины корабля. Если на тотъ же корабль вѣтеръ будетъ дуть съ носу, то часть предметовъ ближайшихъ къ кормѣ будетъ закрыта отъ вѣтра предметами ,находящимися впереди ихъ, отъ этого дѣйствіе вѣтра на переднюю часть судна будетъ сильнѣе чѣмъ на кормовую, а потому и точка приложенія силы вѣтра на корабль будетъ впереди середины длины. Такое передвиженіе точки приложенія вообще не можетъ быть значительно, и для легчайшаго изслѣдованія вліянія вѣтра на поворотливость мы примемъ, на первый разъ, что точка приложенія его силы остается неподвижною. Возьмемъ теперь другой корабль, у котораго поверхность (въ квадрат. футахъ) наружнаго борта и различныхъ надстроекъ, больше впереди середины длины чѣмъ сзади ея. Понятно, что у такого корабля точка приложенія силы вѣтра будетъ всегда впереди середины длины. Если такой корабль предоставленный дѣйствію вѣтра съ праваго траверза, начнетъ уклоняться носомъ влѣво, то значитъ центръ вращенія находится сзади точки приложенія силы вѣтра и разстояніе между двумя этими точками будетъ рычагъ, на который дѣйствуетъ сила вѣтра (фигура 24). По мѣрѣ уклоненія корабля вращающая сила вѣтра уменьшается, при фордевиндѣ она совсѣмъ уничтожится, а вѣтеръ будетъ только двигать корабль впередъ.

Теперь предположимъ, что корабль поворачиваетъ съ не-

редняго хода носомъ, напримѣръ, влѣво, а вѣтеръ дуетъ справа и равнодѣйствующая силы вѣтра проходитъ впереди центра вращенія (фигура 25). При этомъ видно, что вѣтеръ будетъ помогать уклоняться кораблю носомъ влѣво. Когда корабль уклонится до 90°, вѣтеръ будетъ усиливать только его ходъ, слѣдовательно удлинять циркуляцію. При дальнѣйшемъ вращеніи отъ 90° до 180° вѣтеръ противодѣйствуетъ повороту. Послѣ 180° вѣтеръ, кромѣ замедленія вращенія, уменьшаетъ и ходъ, т.-е. укорачиваетъ кривую; при 270° онъ только уменьшаетъ ходъ и въ послѣднюю четверть опять ускоряетъ поворотъ. Изъ этого примѣра видно, что для опредѣленія вліянія вѣтра на поворотливость, въ особенности на кривую поворота, надо знать мѣсто приложенія равнодѣйствующей вѣтра и силу его. Точное мѣсто мы не умѣемъ опредѣлить, но *относительное* положеніе этой точки и центра вращенія, т.-е., узнать, которая изъ нихъ ближе къ форштевню, можно, по опытамъ произведеннымъ на броненосной эскадрѣ.

Положимъ, что фрегатъ при вѣтрѣ съ праваго траверза, при извѣстномъ углѣ руля, далъ машинѣ передній ходъ и уклонился на 16 румбовъ влѣво въ $4^1/_2$ м., потомъ, поставивъ руль прямо остановивъ машину и когда совсѣмъ потерялъ ходъ, корабль снова положилъ руль на тотъ же уголъ, далъ машинѣ передній ходъ и имѣя вѣтеръ уже съ лѣваго траверза уклонился опять на 16 румбовъ, влѣво же, въ 5 м. Такъ какъ всѣ обстоятельства, сопровождавшія поворотъ въ обоихъ случаяхъ оставались тѣ же, кромѣ положенія корабля относительно направленія вѣтра, то ясно, что болѣе быстрое уклоненіе при вѣтрѣ съ праваго траверза и болѣе медленное при вѣтрѣ съ лѣваго траверза могло быть только тогда когда вѣтеръ въ первомъ случаѣ ускорялъ, а во второмъ — замедлялъ поворотъ. Въ этомъ опытѣ особенно замѣчательна правильность системы наблюденій. Если бы корабль при вѣтрѣ съ праваго траверза, положивъ руль на бортъ, описалъ 32 румба, замѣтивъ время первой и второй половины поворотовъ, то резуль-

татъ могъ выдти и почти навѣрно вышелъ бы обратный, вслѣдствіе чего и заключеніе наше объ относительномъ положеніи точекъ было бы ложно.

Фрегату, поворачивающему при вѣтрѣ даже на 360°, не все равно какъ начинать поворотъ, когда вѣтеръ съ перваго момента способствуетъ или препятствуетъ ему. Въ первомъ случаѣ онъ помогаетъ чувствительности корабля къ рулю и преодолѣваетъ инерцію; во второмъ онъ усиливаетъ оба недостатка, отчего начальная вращательная скорость будетъ меньше, и весь поворотъ будетъ медленнѣе. Необходимо было поставить уклоненіе на 16 румбовъ при вѣтрѣ съ лѣваго траверза въ тѣ же условія, какъ и при вѣтрѣ съ праваго траверза. То-есть, надобно было, чтобы: 1) вращающіе моменты руля были тѣ же, для чего необходимъ тотъ же ходъ или полное его отсутствіе передъ поворотомъ; 2) чтобы качество чувствительности руля дѣйствовало въ обоихъ случаяхъ одинаково, для чего отъ каждаго изъ положеній корабля нужно было начинать, а не продолжать поворотъ, и 3) чтобы время на кладку руля было то же въ обоихъ случаяхъ. Все это было выполнено на опытахъ.

Такимъ образомъ оказывается, что при поворотѣ съ мѣста у фрегата «Петропавловскъ», двухбашенной лодки «Смерчъ» и мониторовъ «Перунъ» и «Вѣщунъ», центръ вращенія былъ позади точки приложенія силы вѣтра, а у фрегата «Пересвѣтъ» центръ вращенія былъ впереди точки приложенія силы вѣтра, что, впрочемъ, понятно, когда примемъ во вниманіе вооруженную бизань-мачту и большой рангоутъ грота-мачты, помѣщенной сзади миделя. При поворотѣ съ передняго хода подобныхъ опытовъ не было произведено, но мы теперь уже можемъ сказать, что центръ вращенія былъ бы болѣе впереди, чѣмъ при вращеніи съ мѣста, а потому взаимное положеніе точекъ могло бы измѣниться. На «Пересвѣтѣ» рычагъ вѣтра могъ бы только увеличиться, а на остальныхъ судахъ—уменьшиться, или даже перейдти въ обратную сторону. Слѣдовательно, при поворотѣ съ переднимъ ходомъ вѣтеръ имѣлъ бы на фрегатъ

«Пересвѣтъ» большее вліяніе, чѣмъ на остальныя упомянутыя суда. Изъ подобныхъ же наблюденій надъ пароходомъ «Соломбала» выходитъ, что будто точка приложенія дѣйствія вѣтра, при той же его силѣ, иногда бываетъ немного впереди, а иногда назади центра вращенія. Но это нужно приписать тому, что на «Соломбалѣ», если машина дѣлала то же число оборотовъ въ оба наблюденія («Морск. Сб.» 1872 г., № 8, историч. журн. брон. эскадры, таблица поворотливости, столбецъ 6), то, или углы руля были не одинаковы, или здѣсь дѣйствовала одна или нѣсколько изъ тѣхъ причинъ, которыя мы перечисляли выше и которыя вліяютъ на точность наблюденій (стран. 43 и 44). Постановкою переднихъ и заднихъ парусовъ также можно измѣнить мѣсто точки приложенія силы вѣтра. На броненосной эскадрѣ сдѣлано много и другихъ опытовъ для опредѣленія вліянія вѣтра на уклоненіе судовъ при различныхъ обстоятельствахъ.

### Вліяніе вѣтра на уклоненіе винтовыхъ судовъ и пароходовъ при заднемъ ходѣ.

При вѣтрѣ и заднемъ ходѣ судовъ подъ парами, но безъ парусовъ, могутъ быть три главныя обстоятельства:

1) Когда заднимъ ходомъ идетъ пароходъ;

2) Когда заднимъ ходомъ идетъ винтовый корабль, у котораго винтъ при заднемъ ходѣ вращается верхними лопастями слѣва на право, т.-е., у котораго избытокъ работы воды, отбрасываемой винтомъ, дѣйствуетъ въ *правую* сторону дейдвуда, какъ на большинствѣ русскихъ судовъ;

3) Когда заднимъ ходомъ идетъ винтовый же корабль, но у котораго вода, отбрасываемая винтомъ, бьетъ въ *лѣвую* сторону дейдвуда.

Положимъ, что при вѣтрѣ *W* всѣ три судна обращены на *NW* и имѣя руль прямо, дали задній ходъ. Вспомнимъ, что

при заднемъ ходѣ центръ сопротивленія воды, слѣдовательно, и центръ вращенія находится совсѣмъ въ кормѣ. Пароходъ при штилѣ и рулѣ прямо, идя заднимъ ходомъ, шелъ бы по прямой линіи, но на него съ лѣваго траверза дуетъ вѣтеръ; точка приложенія силы этого вѣтра во всякомъ случаѣ находится ближе къ форштевню, чѣмъ центръ вращенія, а потому, очевидно, какъ мы объяснили въ началѣ предыдущей статьи, что вѣтеръ, дѣйствуя на рычагъ вращенія (разстояніе между этими точками), станетъ уклонять носъ парохода вправо, т.-е. подъ вѣтеръ. Въ этомъ случаѣ обыкновенно говорятъ, что *корма идетъ къ вѣтру*, но это вѣрно только въ смыслѣ измѣненія курса. При вращеніи около центра, который находится совсѣмъ въ кормѣ, форштевень описываетъ бо́льшую дугу чѣмъ ахтерштевень, а потому, если уже отступать отъ общепринятаго правила относить все къ движенію носа, то вѣрнѣе говорить про уклоненіе той части корабля, на долю которой приходится большее движеніе. Пока пароходъ не уклонится до линіи бакштага, до тѣхъ поръ, въ нашемъ примѣрѣ, корма не подастся на вѣтеръ, ни на одинъ дюймъ (фиг. 26). Перейдя же линію галфвинда, пароходъ будетъ *двигаться кормою на вѣтеръ*, продолжая *уклоняться носомъ подъ вѣтеръ*. Уклонившись до полнаго бакштага, задній ходъ парохода вслѣдствіе противодѣйствія вѣтра уменьшится, и какъ тогда вѣтеръ будетъ направляться почти вдоль судна, то пароходъ станетъ двигаться по прямой линіи, не переходя черезъ линію вѣтра. Если же произвести искусственный кренъ на правый бортъ, то правое колесо станетъ работать сильнѣе лѣваго, отчего пароходъ и перейдетъ черезъ линію вѣтра.

Дальнѣйшее уклоненіе будетъ происходить, пока поперечно-вращающій моментъ, образуемый, вслѣдствіе крена, избыткомъ работы праваго колеса передъ лѣвымъ, будетъ превосходить постоянно увеличивающійся продольно-вращающій моментъ вѣтра. Съ уничтоженіемъ крена пароходъ бросится подъ вѣтеръ (носомъ). Итакъ, причина уклоненія пароходовъ, при вѣтрѣ и

заднемъ ходѣ, кормою къ вѣтру, заключается въ томъ, что центръ вращенія находится сзади точки приложенія силы вѣтра. Уклоненія винтовыхъ судовъ, идущихъ заднимъ ходомъ, при вѣтрѣ, зависятъ, кромѣ названной сейчасъ причины для пароходовъ, еще и отъ удара воды, отбрасываемой винтомъ въ дейдвудъ. Мы уже доказали, что точка приложенія равнодѣйствующей этого удара воды находится впереди центра вращенія (стр. 56). Какъ по положенію этой точки (фиг. 27), и точки приложенія силы вѣтра относительно центра вращенія, такъ и по направленію силъ вѣтра и воды, отбрасываемой винтомъ въ дейдвудъ, легко видѣть какъ и почему будутъ двигаться винтовыя суда при заднемъ ходѣ? Во взятомъ примѣрѣ на первомъ винтовомъ кораблѣ, т.-е. съ такимъ винтомъ, какъ на русскихъ судахъ, дѣйствіе вѣтра противно дѣйствію воды, отбрасываемой винтомъ въ дейдвудъ, а потому такой корабль, идя при вѣтрѣ заднимъ ходомъ, можетъ:

a) или носомъ *уклониться подъ вѣтеръ*, b) или носомъ *идти къ вѣтру*, c) или никуда не уклоняясь, идти по прямой линіи; все будетъ зависѣть оттого, что переспитъ, дѣйствіе ли вѣтра или дѣйствіе воды, отбрасываемой винтомъ, или же дѣйствіе вѣтра и воды, отбрасываемой винтомъ, будутъ равны между собою.

Прослѣдимъ за движеніемъ корабля въ первомъ случаѣ, когда вѣтеръ, преодолѣвая дѣйствіе воды, отбрасываемой винтомъ, уклоняетъ корабль подъ вѣтеръ. Въ галфвиндъ напоръ вѣтра, въ пользу уклоненія корабля, будетъ самый сильный. При дальнѣйшемъ уклоненіи боковое дѣйствіе вѣтра все будетъ дѣлаться меньше и меньше, и, наконецъ, сдѣлается равнымъ стремленію воды, отбрасываемой винтомъ, уклонить носъ корабля на вѣтеръ. Такимъ образомъ, казалось бы, что корабль, уклонившись до нѣкотораго румба пойдетъ по прямой линіи. На самомъ же дѣлѣ это будетъ не такъ. Въ кораблѣ уклоняющемся отъ дѣйствія вѣтра является инерція сохранить это вращеніе; вслѣдствіе этого стремленія инерціи, онъ перейдетъ

ту линію, на которой дѣйствіе вѣтра и воды, отбрасываемой винтомъ, были равны. Съ переходомъ черезъ эту нейтральную линію, дѣйствіе воды, отбрасываемой винтомъ, будучи уже сильнѣе дѣйствія вѣтра, станетъ преодолѣвать стремленіе корабля уклоняться подъ вѣтеръ и, въ свою очередь, заставитъ корабль уклоняться носомъ къ вѣтру. Пріобрѣтенная кораблемъ инерція, въ этомъ обратномъ вращеніи, заставитъ его снова перейдти черезъ нейтральную линію, послѣ чего корабль отъ дѣйствія вѣтра, опять уклонится подъ вѣтеръ, и такъ далѣе. Такимъ образомъ, идя заднимъ ходомъ и имѣя боковой вѣтеръ съ лѣваго борта, корабль будетъ описывать зигзаги, при вѣтрѣ W въ SW четверти; при вѣтрѣ O корабль, съ подобными же колебаніями, будетъ двигаться въ NO четверти; при вѣтрѣ N —въ NW четверти и при вѣтрѣ S—въ SO четверти компаса.

Во второмъ случаѣ, когда дѣйствіе воды, отбрасываемой винтомъ, будетъ всегда преодолѣвать дѣйствіе вѣтра, корабль, очевидно, станетъ описывать полную циркуляцію носомъ влѣво, какъ и при штилѣ, съ тою разницею, что форма кривой будетъ болѣе неправильна, а самая быстрота вращенія, въ продолженіи поворота, довольно неравномѣрна (фиг. 28). Въ началѣ уклоненіе будетъ медленнѣе чѣмъ въ штиль; послѣ перехода черезъ линію вѣтра, черезъ W, оно станетъ усиливаться, по приходѣ на курсъ S сдѣлается самымъ быстрымъ, а отъ O черезъ N и до W — вращеніе опять будетъ медленнѣе чѣмъ при штилѣ. Согласно направленію корабля и кривая поворота отъ курса O черезъ N до W будетъ растянута, а отъ W черезъ S до O сжата противъ формы циркуляціи въ штиль.

Другой винтовый корабль съ винтомъ, который отбрасываетъ, при заднемъ ходѣ, воду въ лѣвую сторону дейдвуда, т.-е. въ ту же сторону, съ которой дуетъ и вѣтеръ, въ нашемъ примѣрѣ, станетъ уклоняться подъ вѣтеръ носомъ скорѣе парохода (фиг. 29); дойдя до румба, на которомъ вѣтеръ будетъ дуть почти на фордевиндъ, дѣйствіе воды, отбрасываемой винтомъ, заставитъ корабль перейдти черезъ линію вѣтра и тѣмъ

самымъ очутиться въ томъ же положеніи, въ которомъ былъ первый взятый нами винтовый корабль, т.-е. когда вѣтеръ дуетъ на корабль со стороны, противоположной той, на которую дѣйствуетъ вода отъ хода корабля.

Вліяніе вѣтра на двухвинтовое судно, при заднемъ ходѣ, то же, что и на пароходъ. Для того, чтобы перейдти черезъ линію вѣтра, суда съ двумя винтами имѣютъ болѣе сильное и болѣе удобное средство, чѣмъ пароходы. Теперь мы знаемъ, что если пароходъ идя заднимъ ходомъ катится кормою къ вѣтру, то это происходитъ потому, что центръ вращенія находится сзади точки приложенія силы вѣтра. Поэтому, если центръ вращенія вдругъ перенести къ форштевню, напр., отдать якорь, то пароходъ, двухвинтовое судно и одновинтовый корабль, у котораго вода, отбрасываемая винтомъ, бьетъ въ ту же сторону въ которую дуетъ и вѣтеръ, непремѣнно покатятся кормою подъ вѣтеръ, а одновинтовый корабль, съ винтомъ обратной нарѣзки, какъ на русскихъ судахъ, можетъ быть, по прежнему будетъ катиться кормою къ вѣтру, потому, что при отдачѣ якоря, вода, отбрасываемая винтомъ на дейдвудъ, станетъ дѣйствовать на огромный рычагъ, равный почти всей длинѣ корабля, а дѣйствіе вѣтра уменьшится или увеличится, но, во всякомъ случаѣ, измѣнится очень немного. Послѣднее обстоятельство при отдачѣ якоря на заднемъ ходѣ, можетъ быть всегда, когда вѣтеръ дуетъ со стороны, обратной той, на которую дѣйствуетъ вода, отбрасываемая винтомъ.

*Употребленіе косыхъ парусовъ и бизани, при заднемъ ходѣ*, подъ парами на параходѣ и въ особенности на винтовомъ кораблѣ, послѣ знакомства съ направленіемъ воды, отбрасываемой винтомъ и съ мѣстомъ центра вращенія, получаетъ болѣе строгій контроль. Возьмемъ корабль, который идя заднимъ ходомъ уклоняется отъ дѣйствія воды отбрасываемой винтомъ, влѣво (носомъ) и положимъ, что вѣтеръ дуетъ съ правой стороны. Если на кораблѣ, желая уменьшить или уничтожить его уклоненіе подъ вѣтеръ (носомъ), поставятъ бизань, которой большая

часть площади находится впереди центра вращенія (фиг. 30), то очевидно, что бизань не только не будетъ противодѣйствовать уклоненію носа влѣво, но напротивъ, еще болѣе его усилитъ. Если же бизань-мачта окажется отстоящею настолько отъ задняго ахтерштевня, что бизань будетъ дѣйствовать согласно нашему желанію, то и въ этомъ случаѣ польза отъ нея будетъ совершенно нечувствительна. А какъ несравненно вѣроятнѣе, что постановкой бизани мы достигаемъ отрицательнаго результата, то при заднемъ ходѣ лучше ее не употреблять.

**Объясненіе кажущихся произвольныхъ уклоненій броненосныхъ судовъ послѣ остановки машины, и почему нѣкоторые броненосцы съ остановленной машиной, имѣя передній ходъ, не слушаютъ руля?**

На основаніи дѣйствія воды на руль, а также и вліяній несимметричности корабля и недостатка чувствительности его къ рулю, попробуемъ разрѣшить предложенный вопросъ. Положимъ, что нашъ корабль передъ остановкою машины идетъ по курсу; слѣдовательно у него перо руля лежитъ подъ нѣкоторымъ угломъ на правомъ бортѣ. Если броненосецъ остановитъ машину ранѣе чѣмъ поставитъ руль прямо, то онъ покатится (носомъ) вправо. Если напротивъ руль будетъ поставленъ прежде чѣмъ винтъ перестанетъ вертѣться, то корабль покатится (носомъ) влѣво. Чтобы не случилось ни того, ни другого, необходимо въ продолженіи очень короткаго промежутка времени, который требуется для остановки машины, держать броненосецъ на курсѣ, отводя руль одновременно и сообразно съ уменьшеніемъ числа оборотовъ винта, что на практикѣ невыполнимо. Предположимъ однако, что руль былъ поставленъ прямо одновременно съ остановкою машины и что до послѣдняго мгновенія броненосецъ оставался на курсѣ, но не-

смотря и на подобную точность въ управленіи рулемъ онъ все-же послѣ этого можетъ начать уклоняться въ ту или другую сторону. Такое обстоятельство скорѣе случится съ судами, у которыхъ винты трехперые, потомъ съ имѣющими винты о четырехъ лопастяхъ и менѣе всего съ кораблемъ, у котораго винтъ двухлопастной. Чтобы лопасти остановленнаго винта не нарушали симметричности корабля; нужно чтобы онѣ располагались совершенно одинаково, не только по обѣ стороны діаметральной плоскости, но и относительно горизонтальной линіи проходящей черезъ ось вала. Понятно, что такая симметричность можетъ быть только рѣдкою случайностью и именно для трехпераго винта, когда его лопасти расположатся какъ показано на фигурѣ 31; для четырехпераго на фигурѣ 32 или 33 и для двухлопастнаго на фигурѣ 34 или 35. Если, остановивъ винтъ, этой случайности не произошло, несмотря на соблюденіе условія о постановкѣ руля прямо, то броненосецъ покатится въ сторону бо́льшаго сопротивленія, представляемаго лопастями. Замѣтимъ, что какъ вода отъ хода корабля дѣйствуетъ на верхнюю часть руля иначе, чѣмъ на нижнюю, такъ и на верхнія лопасти винта, соотвѣтствующія болѣе полнымъ кормовымъ обводамъ, вода отъ хода корабля дѣйствуетъ, по всей вѣроятности, слабѣе чѣмъ на нижнія. Мы разбирали обстоятельства возможнаго уклоненія броненосца съ остановленною машиною при штилѣ. При вѣтрѣ же является новая причина и притомъ такая, которая на нѣкоторыхъ броненосцахъ при соблюденіи даже первыхъ двухъ условій: отвода руля и симметричнаго расположенія остановленныхъ лопастей, можетъ уклонить корабль влѣво или вправо въ зависимости отъ скорости хода передъ остановкой машины и отъ направленія, которое составляетъ вѣтеръ съ курсомъ.

Скорость хода, какъ мы сказали, вліяетъ на мѣсто центра вращенія, а направленіе вѣтра къ курсу, на мѣсто точки приложенія силы вѣтра, слѣдовательно оба эти обстоятельства вмѣстѣ — на относительное положеніе этихъ точекъ. Если вѣ-

теръ былъ съ правой стороны, а центръ вращенія сзади точки приложенія силы вѣтра, то броненосецъ, остановивъ машину, какъ сказано и имѣя руль прямо, покатится влѣво (носомъ). Въ другой разъ, при большей скорости хода и вѣтрѣ дующемъ въ бакштагъ, центръ вращенія можетъ быть впереди точки приложенія силы вѣтра, отчего корабль, остановивъ машину, покатится (носомъ) вправо. Различное сочетаніе всѣхъ трехъ причинъ уклоняющихъ суда, можетъ быть настолько разнообразно, что эти уклоненія послѣ остановки машины дѣйствительно могутъ показаться произвольными, не подверженными никакому закону. Кренъ и возможная кривобокость могутъ еще болѣе увеличить разнообразіе уклоненія корабля съ бывшаго курса. Положимъ, что такъ или иначе, но корабль, остановивъ машину, покатился въ ту или другую сторону. Чтобы корабль послушался руля, на который въ этомъ случаѣ дѣйствуетъ только одна вода отъ хода корабля, необходимо чтобы руль положенный на бортъ, въ нижней своей части, самой дѣйствительной, не былъ 1) заслоненъ лопастью винта, и 2) чтобы скорость броненосца могла сообщить рулю силу, способную преодолѣть вредный вращающій моментъ, производящій уклоненіе и наконецъ, самое главное, 3) чтобы корабль обладалъ *чувствительностью къ рулю*. Первое требованіе можетъ быть не только случайностью для трехъ и четырехперыхъ винтовъ, но и при ней корабль можетъ не послушать руля потому, что самая изогнутость нижнихъ лопастей, въ состояніи покоя корабля, *представляетъ* отчасти *руль дѣйствующій* почти на такой же рычагъ вращенія, *какъ и настоящій руль*. Это обстоятельство также увеличиваетъ кажущееся произвольное уклоненіе судовъ послѣ остановки машины. Скорость съ остановленною машиною уменьшается очень быстро и потому можетъ быть, что дѣйствіе руля, прежде чѣмъ онъ успѣетъ остановить уклоненіе корабля, настолько уменьшится, что руль сдѣлается безсильнымъ. Третіе условіе для управленія кораблемъ при остановленной машинѣ, *чувствительность къ рулю*, присуще немногимъ броненосцамъ.

## Вращающія силы на судахъ идущихъ подъ парусами и объ устойчивости кораблей на курсѣ.

Когда корабль идетъ подъ парусами съ обрасопленными реями, то онъ въ то же время движется и бокомъ, дрейфуетъ, отчего генеральное плаваніе выходитъ подъ нѣкоторымъ угломъ къ курсу, слѣдовательно и къ діаметральной плоскости. Такъ какъ движеніе происходитъ одновременно впередъ и бокомъ, то общій центръ сопротивленія (прямого и бокового сопротивленія воды) находится въ передней части судна и притомъ съ подвѣтра (фигура 36). Направленіе *движущей силы вѣтра* есть, очевидно, противоположное направленію сопротивленія, а точка приложенія силы вѣтра, центръ парусности, можетъ, смотря по расположенію парусовъ, находиться впереди или позади центра сопротивленія, а также на навѣтренной или на подвѣтренной сторонѣ. Положимъ, что она находится назади центра сопротивленія и на навѣтренной сторонѣ (фиг. 36). Силу сопротивленія воды и движущую силу вѣтра, можно разсматривать какъ-бы состоящими каждая изъ двухъ силъ, идущихъ по направленію діаметральной плоскости и перпендикулярныхъ къ ней. Изъ чертежа видно, что здѣсь образуются оба вращательные момента—продольный и поперечный *). Продольно вращающая сила, т.-е. та часть движущей силы вѣтра, которая двигаетъ корабль въ бокъ, дѣйствуя на рычагъ до центра сопротивленія, стремится уклонить носъ влѣво, къ вѣтру, другими

*) Здѣсь собственно образуются двѣ пары силъ, и центръ вращенія будетъ между центромъ парусности и центромъ сопротивленія; величина же каждой изъ этихъ паръ будетъ равна соотвѣтствующему вращаемому моменту, какъ мы ихъ разсматривали до сихъ поръ — принимая для простоты изслѣдованія вопроса, центръ вращенія въ самомъ центрѣ сопротивленія (стр. 17).

словами, производитъ рыскливость *). Для удержанія на курсѣ нужно положить перо руля на правый бортъ,—это первое средство противодѣйствовать рыскливости. Но какъ руль, положенный на какой бы ни было уголъ, отнимаетъ ходъ, то лучше распорядиться такъ, чтобы руль былъ прямо или почти прямо и корабль не рыскалъ бы. Очевидно, что для уменьшенія рыскливости слѣдуетъ: 1) уменьшать боковую силу вѣтра, чего можно достигнуть отчасти отбрасопливая рей настолько, чтобы паруса продолжали хорошо стоять; 2) центръ парусности подвигать впередъ, для чего въ свою очередь необходимо увеличивать переднюю парусность или имѣющуюся подвигать впередъ и проводить шкоты, брасы и галсы, согласуясь съ техническими условіями ихъ тяги и крѣпленія, такъ чтобы общая точка приложенія силы вѣтра подвигалась, по возможности, впередъ, а не назадъ, и 3) центръ сопротивленія воды подвигать назадъ. Положимъ, что корабль не подаваясь впередъ будетъ двигаться только бокомъ, и что центръ бокового сопротивленія находится въ плоскости мидельшпангоута. Если мы уменьшимъ носовую діаметральную плоскость и увеличимъ кормовую, то центръ бокового сопротивленія подастся назадъ. Такимъ образомъ, для того чтобы общій центръ сопротивленія въ кораблѣ, идущемъ подъ парусами, подвинулся назадъ, т.-е. для выполненія третьяго условія нужно уменьшить носовую діаметральную плоскость и увеличить кормовую. Этого можно достигнуть или увеличивая диффферентъ или, не измѣняя диффферента, который вредитъ поворотливости, увеличить кормовую діаметральную плоскость помощью *продольныхъ выдвижныхъ плоскостей или щитовъ*. Подобно тому, какъ боковыя выдвижныя плоскости измѣняли положеніе центра сопротивленія при движеніи впередъ, такъ и продольно-опускные щиты измѣняютъ мѣсто центра боко-

---

*) Поэтому и продольно вращающій моментъ, при взятомъ относительномъ расположеніи центровъ парусности и сопротивленіи воды, называется *моментомъ рыскливости*.

вого давленія воды, а съ этимъ увеличиваютъ или уменьшаютъ дѣйствіе продольнаго рычага вращенія или даже дѣлаютъ обратнымъ. Эти щиты устраиваются такъ: по направленію длины судна въ килѣ или рядомъ съ нимъ дѣлаютъ узкія отверзтія въ двухъ или трехъ мѣстахъ: въ носу, серединѣ и кормѣ. Для судовъ подъ парусами, въ косвенныхъ курсахъ, при непремѣнномъ *стремленіи дрейфовать*, попеременное выдвиганіе продольныхъ плоскостей замѣняетъ дѣйствіе обыкновеннаго руля съ тѣмъ преимуществомъ, что онѣ не отнимаютъ хода. Если корабль съ опущенными щитами держится на румбѣ, то, поднявъ носовой щитъ, онъ тронется кормою къ вѣтру; если же корабль вмѣсто носового щита подниметъ кормовой, то корма тронется подъ вѣтеръ. Очевидно, что кораблю для уменьшенія дрейфа и сохраненія курса выгоднѣе держать всѣ плоскости опущенными и управляться, поднимая ту или другую, чѣмъ имѣть всѣ поднятыми и управляться опуская ихъ. Чѣмъ крайнія плоскости ближе къ штевнямъ, тѣмъ ихъ движеніе вверхъ и внизъ сильнѣе вліяетъ на быстроту уклоненія. Чѣмъ сильнѣе вѣтеръ, тѣмъ дѣйствительнѣе опускные щиты. Если одновременно съ движеніемъ опускныхъ плоскостей дѣйствовать и парусами, то легко произвести поворотъ. Въ штиль подъ парами онѣ безполезны.

Въ проектируемомъ еще кораблѣ, кормовую діаметральную плоскость можно увеличить разностью водоизмѣщеній носа и кормы, когда мидель ставится впереди середины длины. Боковое давленіе воды, при той же величинѣ кормовой діаметральной плоскости, тѣмъ больше, чѣмъ кормовой дейдвудъ больше. Итакъ, для уменьшенія дрейфа въ косвенныхъ курсахъ и для удержанія корабля на румбѣ, т.-е. для приданія кораблю, со стороны формы подводной части, такъ-называемаго *качества устойчивости на курсѣ*, требуются условія противоположныя тѣмъ, которыя необходимы для хорошей поворотливости, а именно: дифферентъ, наибольшая діаметральная плоскость, киль и дейдвудъ, съ чѣмъ связана и неплавучесть оконечностей. Для

паровыхъ судовъ очевидно нужно преслѣдовать первую цѣль, а устойчивости на курсѣ подъ парусами или подъ парами, при вѣтрѣ и волненіи, достигать устройствомъ продольныхъ опускныхъ щитовъ.

Расположивъ центръ парусности и центръ сопротивленія воды на одной линіи, перпендикулярной къ длинѣ судна, мы уничтожимъ рыскливость (фигура 37), но за тѣмъ все-же останется поперечно-вращающій моментъ, стремящійся уклонить корабль подъ вѣтеръ, но онъ очень малъ и его вредное дѣйствіе уничтожитъ самый незначительный уголъ руля. Для уничтоженія и поперечно-вращающаго момента слѣдовало бы оба центра имѣть на одной вертикальной линіи но намъ невыгодно приближать центръ парусности даже къ серединѣ судна, а тѣмъ болѣе передвигать его подъ вѣтеръ, потому что отъ такого передвиженія центра парусности, увеличится кренъ.

Если центръ парусности будетъ впереди центра сопротивленія, то корабль станетъ уклоняться подъ вѣтеръ, то есть пріобрѣтетъ порокъ называемый *увальчивостью*. Для удержанія на румбѣ, придется класть перо на лѣвый бортъ, слѣдовательно румпель на правый бортъ, т.-е. подъ вѣтеръ. И такъ какъ моряки предпочитаютъ скорѣе мириться съ порокомъ рыскливости, чѣмъ увальчивости, то всегда и требуютъ, чтобы руль (румпель) ходилъ на вѣтрѣ, а не подъ вѣтромъ. Мы не станемъ разбирать и оцѣнивать основанія, почему моряки отдаютъ преимущество рыскливости, но скажемъ, что по нашему мнѣнію оно справедливо и изъ золъ, порождаемыхъ неустойчивостью кораблей на курсѣ, рыскливость самое меньшее.

Объ относительномъ достоинствѣ устойчивости на курсѣ можно судить по тому, во сколько разъ сопротивленіе воды при движеніи бокомъ превосходитъ сопротивленіе воды при движеніи впередъ. Изъ вычисленій, произведенныхъ надъ судами довольно различныхъ типовъ (стр. 50), оказывается, что самый устойчивый изъ нихъ: строющійся корветъ «Александръ Нев-

скій» (152), потомъ англійскій броненосецъ «Bellerophon» (103½), за нимъ деревянный винтовый фрегатъ «Дмитрій Донской» (77), двухбашенная лодка «Смерчъ» (58) и наконецъ, строющіяся поповки: «Новгородъ» (1) и «Кіевъ» (1). Если всѣ эти суда будутъ идти съ *одинаковою скоростью* и выстроятся въ линію кильватера, то при всякомъ вѣтрѣ больше всѣхъ упадутъ подъ вѣтеръ поповки, потомъ «Смерчъ», «Дмитрій Донской», «Bellerophon» и значительно менѣе всѣхъ корветъ «Александръ Невскій». Для увеличенія устойчивости на курсѣ, иногда дѣлаютъ боковые кили, по обводу судна въ средней его части (фиг. 38), или по сторонамъ плоскаго дна нормально къ поверхности (фиг. 39), или по плоскому дну укрѣпляютъ нѣсколько параллельныхъ между собою килей (фиг. 40). Киль, какъ плоскость, двоякимъ образомъ препятствуетъ дрейфу, т.-е. увеличиваетъ боковое сопротивленіе: 1) нарушая правильность формы шпангоута, вслѣдствіе чего движеніе частицъ воды при дрейфѣ затрудняется, и 2) если *онъ увеличиваетъ* собою *углубленіе* корабля, а слѣдовательно и величину діаметральной плоскости, то представляетъ сопротивленіе боковому движенію, дрейфу, какъ всякая плоскость. Первое препятствіе само по себѣ очень незначительно, тогда какъ второе довольно велико. Поэтому боковые кили на фигурѣ 38 почти не измѣняютъ степени устойчивости корабля. Тоже надо сказать и о боковыхъ киляхъ на фигурѣ 39, относительно ихъ пользы со стороны перваго препятствія; второе же препятствіе, представляемое этими килями, равносильно одному килю по серединѣ дна котораго вышина равна разстоянію между дномъ и чертой, проходящей черезъ нижнія кромки боковыхъ килей (фиг. 39).

Впрочемъ, если ширина дна очень большая, то второе препятствіе, представляемое килями, будетъ нѣсколько, но не вдвое, болѣе чѣмъ одного киля. Польза отъ параллельныхъ килей, сколько бы ихъ ни было, почти та же что отъ одного киля, они своимъ числомъ не увеличиваютъ углубленія и за-

крывая другъ друга при боковомъ движеніи, образуютъ въ своихъ промежуткахъ застойную воду, которая оставляетъ корабль только вслѣдствіе его движенія впередъ. Слѣдовательно, параллельные кили увеличиваютъ препятствіе къ движенію бокомъ, т.-е. уменьшаютъ дрейфъ болѣе, чѣмъ одинъ киль, тѣмъ, что вѣсъ застойной воды какъ-бы образуетъ изъ себя прибавокъ къ водоизмѣщенію. Положимъ, что на броненосномъ фрегатѣ «Адмиралъ Грейгъ» сдѣлано четыре параллельныхъ киля. Внутреннее разстояніе между крайними килями, положимъ, равно 25 ф. Принимая ихъ среднюю длину въ 150 футъ и вышину въ $1^1/_2$ фута получимъ, что вѣсъ воды между килями около 167 тоннъ. Водоизмѣщеніе же фрегата 3505 тоннъ. Понятно, что такое увеличеніе водоизмѣщенія, безъ измѣненія углубленія фрегата, не повліяетъ замѣтно на скорость бокового движенія. Между тѣмъ, четыре киля вмѣсто одного увеличатъ, во вредъ движенію впередъ, поверхность тренія на 1350 квадр. футъ (150. $1^1/_2$. 2. 3).

### Управленіе шлюпкою подъ парусами безъ руля.

На относительномъ положеніи центра парусности и центра сопротивленія воды основано управленіе шлюпкою безъ руля. Когда оба эти центра на одной вертикальной линіи, то и шлюпка идетъ по курсу. Чтобы поворотить оверштагъ нужно образовать въ шлюпкѣ рыскливость, т.-е. 1) центръ сопротивленія приблизить къ форштевню, для чего нужно не только уменьшить дифферентъ, но и сдѣлать его на носъ; центръ парусности перенести далѣе въ корму, уменьшеніемъ переднихъ парусовъ, но въ началѣ поворота уменьшать парусовъ невыгодно, потому что отъ этого уменьшится скорость шлюпки, а съ этимъ вмѣстѣ и центръ сопротивленія подастся нѣсколько

назадъ; по этой же причинѣ не слѣдуетъ съ самаго начала поворота вытягивать туго шкоты. Перейдя черезъ линію вѣтра слѣдуетъ предпринимать все, что необходимо для созданія и увеличенія увальчивости шлюпки; 2) взаимное положеніе центровъ перемѣнить, для чего нужно увеличить какъ можно болѣе дифферентъ на корму, и 3) перенести центръ парусности впередъ, для чего слѣдуетъ обезвѣтрить задніе паруса; придя же на линію бейдевинда возстановить дифферентъ и поставить паруса такъ, чтобы центръ парусности и центръ сопротивленія воды опять были бы на одной вертикальной линіи, что обозначится тѣмъ, что шлюпка будетъ идти по курсу никуда не уклоняясь, какъ и до поворота оверштагъ.

Поворачивая же безъ руля черезъ фордевиндъ, нужно, чтобы центръ парусности былъ впереди центра сопротивленія, для чего необходимо: 1) увеличить дифферентъ на корму какъ только можно, 2) сейчасъ же спустить задніе паруса и вытянуть шкоты переднихъ парусовъ въ бейдевиндъ, отчего, кромѣ того, что центръ парусности перейдетъ впередъ, уменьшится ходъ и, слѣдовательно, центръ сопротивленія будетъ болѣе назади. Спустясь на фордевиндъ боковой (вращающей) силы вѣтра уже не будетъ. Тогда слѣдуетъ 3) спустить передніе паруса, 4) поставить шлюпку на ровный киль, 5) поднять бизань и *поставить ее поперегъ на томъ галсѣ, на которомъ шлюпка была.* Въ такомъ положеніи бизань произведетъ поперечно-вращающій моментъ. Когда шлюпка тронется къ вѣтру: 6) поставить гротъ, вытянувъ шкотъ въ галфвиндъ или крутой бакштагъ, потому что въ этомъ случаѣ, для вѣрности поворота и меньшей циркуляціи, выгоднѣе увеличивать боковую силу вѣтра, а не ходъ; 7) сдѣлать дифферентъ на носъ; подходя къ линіи галфвинда 8) поднять передніе паруса и 9) измѣненіемъ дифферента уничтожить моментъ рыскливости.

## Рули различныхъ системъ.

*Прямоугольный.* Дѣйствіе воды, отбрасываемой винтомъ на этотъ руль, будетъ вообще больше чѣмъ на обыкновенный и въ особенности на верхнюю его часть, а потому: 1) при немъ уклоненіе корабля въ штиль и рулѣ прямо будетъ меньше, 2) поворотъ совершится быстрѣе, 3) натуральный кренъ во время поворота будетъ меньше и 4) при заднемъ ходѣ, руль сильнѣе будетъ противодѣйствовать уклоненію корабля въ одну сторону. На пароходахъ, парусныхъ судахъ и шлюпкахъ такой руль лучше только при заднемъ ходѣ, при переднемъ же ходѣ онъ не вліяетъ на быстроту поворота, но при ударѣ волнъ задерживаетъ ходъ и усиливаетъ напряженіе рулевыхъ петлей, почему не на винтовыхъ судахъ его имѣть не слѣдуетъ.

*Балансирный или уравновѣшенный.* Чтобы прямоугольный руль сдѣлать больше и въ то же время облегчить управленіе имъ, перенесли ось вращенія руля, которая была на передней кромкѣ, почти на половину длины. На парусныхъ судахъ, пароходахъ и шлюпкахъ эта ось вращенія должна быть, на уравновѣшенномъ рулѣ, посерединѣ ширины, т.-е. на вертикальной линіи, проходящей черезъ центръ давленія воды на руль. На винтовыхъ судахъ ось вращенія руля, при совершенно уравновѣшенномъ рулѣ, будетъ впереди середины его ширины, потому что дѣйствіе воды, отбрасываемой винтомъ, сильнѣе на ближайшія части руля къ винту, а слѣдовательно, и центръ давленія воды на руль будетъ впереди середины длины. Однако, лучше ось вращенія руля имѣть нѣсколько впереди центра давленія воды на руль. Тогда дѣйствіе воды на заднюю часть руля будетъ больше чѣмъ на переднюю, отчего въ рулѣ будетъ болѣе остойчивости и въ случаѣ лопнувшаго штуртроса или поломки румпеля, руль, предоставленный удару волнъ

и дѣйствію воды, не положитъ на 90° и тѣмъ болѣе не перекинетъ на 180°.

Продольно-вращающіе моменты въ уравновѣшенномъ или балансирномъ рулѣ въ обѣихъ его частяхъ, передней и задней, дѣйствуютъ очевидно въ пользу вращенія, а поперечно-вращающіе моменты противодѣйствуютъ одинъ другому.

*Руль Лумлея.* Вода, стекая по рулю положенному на бортъ (фигура 11), не оказываетъ вліянія на поворотливость, между тѣмъ сила этого теченія довольно велика и зависитъ отъ скорости хода и отъ величины площади руля. Чтобы воспользоваться этою струею и заставить ее дѣйствовать на пользу вращенія, нужно чтобы она ударяла въ твердую плоскость (фигура 41). Эта прибавочная плоскость должна быть неразрывно соединена съ кораблемъ. Лумлей присоединилъ плоскость къ задней кромкѣ руля такимъ образомъ, что эта прибавочная плоскость можетъ быть по произволу положена на какой угодно уголъ или составлять съ рулемъ, который при подобномъ устройствѣ получаетъ названіе передней части, одну плоскость. Ширина задней части должна быть не меньше толщины слоя воды, стекающаго съ передней части. Уголъ задней части не долженъ превосходить 54° и то только при дѣйствіи винта. На невинтовомъ же суднѣ руль Лумлея хотя и пригоденъ, но заднюю часть полезно ставить подъ такимъ угломъ, чтобы ходъ корабля много не уменьшался. Выгода руля Лумлея, та, что онъ, при маломъ углѣ передней части даетъ вращающую силу той же величины, какъ обыкновенный руль при большемъ углѣ. Напримѣръ, на фрегатѣ «Дмитрій Донской» обыкновенный руль при углѣ въ 49° 39′ и скорости 5 узловъ можетъ быть, по вычисленію, замѣненъ рулемъ Лумлея равной площади, но при углѣ передней части въ 5°, а задней въ 54° 44′. Очевидно, что руль Лумлея болѣе задерживаетъ ходъ, чѣмъ обыкновенный руль при *соотвѣтствующемъ* углѣ, но управленіе имъ, благодаря особенному приводу къ задней части, легче чѣмъ обыкновеннымъ ру-

лемъ. Такъ какъ руль Лумлея производя ту же вращающую силу что и обыкновенный, болѣе уменьшаетъ ходъ чѣмъ послѣдній, то діаметръ циркуляціи съ рулемъ Лумлея будетъ меньше. Руль Лумлея былъ на «Всадникѣ». Поворотъ производимый имъ былъ быстрѣе и циркуляція короче. Передъ отправленіемъ въ дальнее плаваніе онъ былъ замѣненъ простымъ рулемъ изъ опасенія, что цѣпи отъ задней части руля къ кораблю могутъ оборваться.

*Просверленные рули.* Это обыкновенный задній руль съ довольно большимъ числомъ круглыхъ дыръ, просверленныхъ перпендикулярно къ площади руля (фиг. 42). Еще не такъ давно просверленные рули можно было видѣть въ нашемъ военномъ флотѣ на всѣхъ почти шлюпкахъ и на многихъ винтовыхъ судахъ. Дырья сверлили по всей ширинѣ руля, а по высотѣ, за исключеніемъ верхней части. Очевидно, что сверленіе рулей производилось съ цѣлью увеличить ихъ дѣйствіе, т.-е. продольно-вращающую силу. Теперь рулей не просверливаютъ, а между тѣмъ, если дыры увеличивали работу руля, то въ настоящее время, больше чѣмъ прежде, слѣдовало бы ихъ имѣть на длинныхъ судахъ. О пользѣ этихъ рулей въ «Теоріи и Практикѣ кораблестроенія г. Окунева» (выпускъ IV, стр. 873) сказано слѣдующее: «отъ стремленія воды въ эти дыры, когда руль отведенъ отъ діаметральной плоскости, работа сопротивленія воды на него чрезвычайно увеличивается и черезъ то усиливаетъ дѣйствіе руля. Подобные рули съ дырьями часто можно встрѣтить на американскихъ судахъ, и опытъ утвердительно доказалъ ихъ пользу».

Вотъ и все объясненіе.

Какой системы были опыты на американскихъ судахъ и на какихъ судахъ, военныхъ или купеческихъ, парусныхъ или паровыхъ, не сказано ни слова.

Если какому-нибудь шкиперу, просверлившему свой руль, показалось, что его парусный клиперъ скорѣе поворачиваетъ, то это еще далеко не опытъ. Для сравнительныхъ опытовъ

требуется очень много точности даже при самой благопріятной обстановкѣ, чтобы произнести, по результатамъ наблюденій, безошибочный приговоръ. За неимѣніемъ численныхъ данныхъ, взятыхъ изъ опытовъ надъ просверленными рулями, приведемъ соображенія о дѣйствіи на нихъ воды, изъ которыхъ и сдѣлаемъ заключеніе о пригодности или безполезности просверленныхъ рулей. Въ просверленномъ рулѣ, площадь руля уменьшена на сумму площадей самыхъ дыръ, слѣдовательно съ этой стороны дѣйствіе воды на руль *уменьшилось*. Взамѣнъ этого уменьшенія просверленныя дырья, такъ или иначе, должны не только его вознаградить, но вознаградить съ избыткомъ. Попробуемъ разобрать вліяніе дыръ на дѣйствіе воды на руль, при различныхъ углахъ, какъ оно представляется съ перваго раза.

1) Нѣтъ сомнѣнія, что если взять одинъ руль просверленный, а другой сплошной и положить ихъ на томъ же суднѣ, съ вертикальнымъ ахтерштевнемъ, на разные борта на 90°, то судно при переднемъ ходѣ покатится (носомъ) въ сторону сплошного руля, потому что струи воды, проходя сквозь дырья, не будутъ производить на стѣнки дыръ никакого давленія. Дѣйствительность *сплошного* руля противъ *просверленнаго*, будетъ прямо пропорціональна уменьшенной площади.

2) При всякомъ другомъ углѣ, напримѣръ на правомъ бортѣ (перо) просверленнаго руля, вода, проходящая черезъ дыру непосредственно давитъ только на ту часть ея стѣнки, которая отдалена отъ рулевыхъ петель (фиг. 43), и при нѣкоторомъ углѣ, это прямое давленіе будетъ происходить на всю половину поверхности стѣнки дыры (фиг. 44). Но направленіе этой половины стѣнки представляетъ изъ себя положеніе сплошного руля на обратномъ бортѣ, а слѣдовательно и дѣйствіе на нее воды будетъ обратно тому, которое требуется отъ руля на правомъ бортѣ. Такимъ образомъ, при этомъ углѣ руля, который, смотря по толщинѣ деревяннаго руля и діаметру дыръ, бываетъ между 15° и 25°, всякая дыра не только

не вознаграждаетъ дѣйствіе той части площади, на которую руль уменьшенъ сверленіемъ, но своимъ направленіемъ еще болѣе уменьшаетъ дѣйствительность руля. При всякомъ другомъ углѣ, давленіе на стѣнки дыръ будетъ меньше, но все же съ направленіемъ вреднымъ для поворотливости. Если предположить, что образующееся въ дырьяхъ теченіе производитъ сильное треніе воды о стѣнки дыръ въ томъ именно направленіи, въ которомъ желаютъ произвести вращеніе, то замѣтимъ, что треніе составляетъ только нѣкоторую долю давленія, самое же прямое давленіе воды на стѣнки дыръ уменьшаетъ полезную силу руля. Прибавимъ къ этому, что просверленный руль открываетъ дѣйствію воды незащищенный *торецъ* дерева, отчего, какъ извѣстно, оно быстро гніетъ. Результатомъ этого было то, что рули начинали портиться, несмотря на смазку дыръ смолою и другими предохранительными матеріалами, такъ что капитаны для спасенія самыхъ рулей задѣлывали дырья пагелями.

Въ морскихъ качествахъ суда, отдавшія предпочтеніе сплошному рулю, не только ничего не потеряли, но скорѣе выиграли.

*Двухлопастный руль* французскаго инженера *Жосселя*. Этотъ руль состоитъ изъ двухъ равныхъ и параллельныхъ между собою лопастей, соединенныхъ тремя горизонтальными связями. Разстояніе между плоскостями, должно быть таково, чтобы при поворачиваніи руля онѣ не задѣвали задняго ахтерштевня (фиг. 45).

При малыхъ углахъ, когда прямое давленіе воды отъ хода корабля и отъ воды, отбрасываемой винтомъ, происходитъ безпрепятственно на обѣ плоскости, понятно, что руль Жосселя дѣйствуетъ какъ два обыкновенные руля. Чѣмъ болѣе разстояніе между лопастями тѣмъ и уголъ, при которомъ его дѣйствіе равняется двойному дѣйствію обыкновеннаго руля, болѣе. Отсюда же слѣдуетъ, что и полезная сила этого руля, при малыхъ углахъ, *относительно* болѣе, чѣмъ при большихъ.

Выше мы объяснили, какое вліяніе имѣетъ удаленіе точекъ руля отъ винта на дѣйствіе воды, отбрасываемой винтомъ. На основаніи этого вліянія двухлопастной руль, при большихъ углахъ болѣе заслоняетъ собою винтъ, отчего уменьшаетъ скорость корабля сильнѣе чѣмъ обыкновенный руль, а потому и діаметръ циркуляціи при рулѣ Жосселя будетъ меньше чѣмъ при обыкновенномъ. Такимъ образомъ, руль Жосселя, имѣя вообще преимущество, при поворотахъ, во времени и крутизнѣ пути, передъ обыкновеннымъ рулемъ, въ частности при большемъ углѣ, говоря *относительно*, болѣе выигрываетъ въ крутизнѣ пути, а при маломъ углѣ, *относительно же*, болѣе во времени передъ обыкновеннымъ рулемъ. Болѣе подробный разборъ опытовъ надъ рулемъ Жосселя помѣщенъ мною въ статьѣ «О поворотливости судовъ, преимущественно винтовыхъ» (Морск. Сб. 1872 г. № 11, стр. 103—108).

*Параллельные рули.* Винтовыя суда, относительно средствъ къ вращенію, имѣютъ то главное преимущество передъ парусными судами и пароходами, что у нихъ руль, положенный на бортъ, дѣйствуетъ съ первымъ оборотомъ винта, хотя бы корабль не имѣлъ хода, тогда какъ не-винтовымъ судамъ для управленія нуженъ ходъ или вѣтеръ. На страницѣ 53 и фигурѣ 17 мы объяснили, что руль принимаетъ на себя только часть столба воды, отбрасываемаго винтомъ. Обративъ весь этотъ движущійся цилиндръ воды на пользу вращенія, мы въ нѣсколько разъ увеличимъ вращающую силу руля. На обыкновенный руль при углѣ въ 35° дѣйствуетъ отъ $^1/_3$ до $^1/_6$ всей воды, отбрасываемой винтомъ; поэтому, если сзади винта расположить столько рулей параллельныхъ между собою, чтобы положенные на бортъ они принимали на себя весь цилиндръ воды, то дѣйствіе винта на пользу вращенія будетъ полное. Ширина этихъ рулей должна быть такова, чтобы положенные на напвыгоднѣйшій уголъ, они не закрывали бы одинъ другого (фигура, 46). Скорость хода, при такихъ рулях на бортѣ, будетъ самая незначительная, отчего дѣйствіе воды на рули,

собственно отъ хода корабля, будетъ ничтожно, а потому при управленіи параллельными рулями мы можемъ, не принимая ее во вниманіе распоряжаться такъ, чтобы только дѣйствіе на руль воды, отбрасываемой винтомъ, было бы наибольшее. Самый же выгодный уголъ, при условіи чтобы ходъ не измѣнялся, (стр. 33) есть 54° 44′. Однако понятно, что если хода совсѣмъ не будетъ, то дѣйствіе воды, отбрасываемой винтомъ не уничтожается, а скорѣе еще увеличивается, и наконецъ, самое условіе неизмѣняемости хода, для наивыгоднѣйшаго угла руля въ 54° 44′, относится до дѣйствія воды отъ хода корабля. Для параллельныхъ рулей не должно дѣлать особенныхъ дейдвудовъ, иначе крайніе изъ нихъ огромною своею площадью и увеличеніемъ неплавучести кормы, будутъ чрезвычайно вредить качеству поворотливости.

Мы не знаемъ, употреблялись ли гдѣ-нибудь параллельные рули въ одновинтовомъ суднѣ, но два дейдвуда были на англійскомъ двухвинтовомъ броненосцѣ *Penelope*, именно съ цѣлью повѣсить на нихъ по рулю сзади каждаго винта. Результатъ, какъ и слѣдовало ожидать, былъ неудаченъ еще и потому, что винты вращались не внутрь судна, а отъ діаметральной плоскости, при чемъ винтъ, дѣйствующій на задній ходъ, отбрасываетъ воду на внутреннюю сторону дейдвуда и противодѣйствуетъ повороту (фигура 47).

*Водопротоки* могутъ замѣнять собою рули и притомъ съ одинаковымъ удобствомъ какъ для передняго, такъ и для заднаго хода, въ особенности если трубы (водопротоковъ) оканчиваются въ носу и кормѣ (фиг. 48), а не по сторонамъ миделя (фиг. 49). Въ первомъ случаѣ вращающая сила будетъ дѣйствовать на продольный рычагъ вращенія, а во второмъ, каждая выбрасываемая струя на свой поперечный рычагъ, равный полуширинѣ корабля, что въ сложности представитъ полную ширину, т.-е., большій поперечный рычагъ чѣмъ въ двухвинтовыхъ судахъ. Въ обоихъ случаяхъ, вращеніе будетъ совершаться безъ движенія впередъ или назадъ, а потому въ

лучшихъ условіяхъ для быстроты поворота. На этомъ основаніи нужно полагать, что такія суда какъ *Waterwitch*, при одинаковой вращающей силѣ и конструкціи съ винтовыми судами, будутъ поворачиваться скорѣе послѣднихъ.

*Гребной винтъ.* Средствомъ къ быстрому повороту можетъ служить винтъ у котораго лопасти будутъ устроены такъ, чтобы ихъ легко было поворачивать во время дѣйствія машинъ. Если въ этомъ винтѣ повернуть лопасти на столько, чтобы отбрасываемая ими струя воды была перпендикулярна къ діаметральной плоскости, то вся сила винта обратится на пользу вращенія, которое произойдетъ безъ движенія корабля впередъ или назадъ. Очевидно что управляя лопастями можно 1) обойтись вовсе безъ руля и 2) перемѣнять передній ходъ на задній или обратно, не останавливая самой машины. Подобные винты существуютъ въ моделяхъ, на сколько же они окажутся пригодными на практикѣ покажетъ будущее.

*Выдвижныя плоскости* (стр. 19 и 87).

*Передніе рули* (стр. 64).

*Боковые рули* (стр. 65).

### Форма и величина кривой поворота.

Послѣ всего сказаннаго выше о вліяніи вѣтра на поворотливость, о происхожденіи дрейфа и о его вліяніи на вращеніе, о дѣйствіи воды на руль, о свойствахъ различныхъ рулей и о центрѣ вращенія при переднемъ и заднемъ ходѣ корабля, форма кривой дѣлается намъ болѣе или менѣе извѣстна. Если бы не было дрейфа, то ходъ корабля во время поворота въ *штиль* былъ бы равномѣрный; если бы чувствительность корабля къ рулю не вліяла на измѣняемость быстроты самаго вращенія и если бы къ тому же руль клался на бортъ мгно-

венно, то и угловая скорость, отъ первой до послѣдней секунды поворота была бы тоже равномѣрна. При такихъ условіяхъ кривая, описанная кораблемъ, была бы кругомъ, а слѣдовательно обратно: чѣмъ больше дрейфъ, чѣмъ меньше чувствительность корабля къ рулю и чѣмъ дольше будетъ класться руль на бортъ, тѣмъ форма кривой поворота — спираль — будетъ болѣе отличаться отъ круга и тѣмъ болѣе эта спираль будетъ растянута, въ сторону движенія, корабля передъ поворотомъ. Если руль, положенный на бортъ, оставить пока корабль опишетъ 3 или 4 циркуляціи, то надо полагать, что въ *штиль* третія или четвертая циркуляція окажутся кругомъ, потому что тогда всѣ три перечисленныя нами условія: дрейфъ, чувствительность и кладка руля уже не будутъ существовать, а слѣдовательно, какъ скорость хода, такъ и угловая скорость вращенія, во все время циркуляціи, будутъ равномѣрны. Достоинство поворота считается не только въ быстротѣ поворота, но и въ томъ, чтобы циркуляція, описываемая кораблемъ, была бы наикратчайшая, т.-е. чтобы ея діаметръ былъ наименьшимъ. Самый малый діаметръ, — это длина корабля; говоря иначе, когда вращеніе происходитъ около середины корабля, что неразрывно связано съ отсутствіемъ передняго и задняго хода во время поворота. Внѣ этого условія, т.-е. при движеніи впередъ или назадъ, какъ видѣли, центръ вращенія будетъ необходимо ближе къ одному изъ штевней, чѣмъ къ серединѣ, и діаметръ циркуляціи превзойдетъ двѣ длины корабля. Такимъ образомъ, для кратчайшей циркуляціи необходимо, сохраняя, или даже увеличивая, вращающую силу, уменьшать ходъ корабля. Длину и форму кривой поворота, до настоящаго времени, опредѣляютъ помощью буйковъ, которые бросаютъ съ корабля. Способъ этотъ довольно мѣшкатный и требующій большой точности, пока незамѣнимъ въ опредѣленіи точной формы пути корабля; что же касается до опредѣленія длины кривой, то предпочтительнѣе употреблять во время поворота Масеевъ лагъ, по показаніямъ котораго кромѣ

того можно будетъ узнавать среднюю скорость въ продолженіи вращенія на 360°, а слѣдовательно, и потерю скорости противъ той, которая была передъ поворотомъ. Это простое средство и взаимное положеніе двухъ буйковъ, брошенныхъ въ началѣ и концѣ поворота, позволятъ приближенно вычертить кривую поворота и узнать средній ея діаметръ. Если ограничиться только знаніемъ средняго діаметра, то нѣтъ надобности бросать и этихъ двухъ буйковъ, а просто принять пройденное пространство, по Масееву лагу, за окружность, для которой и найдти діаметръ. Такъ какъ при переднемъ ходѣ центръ вращенія находится впереди середины, то изъ всѣхъ точекъ корабля наибольшую кривую опишетъ корма, а наименьшую — форштвень (фиг. 50). Если мы возьмемъ два послѣдовательныя положенія корабля, то дуги, описываемыя носомъ и кормою, представятся яснѣе на фигурѣ 51. При заднемъ ходѣ наименьшую кривую опишетъ корма (фиг. 52), а дуги, проходимыя оконечностями корабля, при заднемъ ходѣ, въ двухъ послѣдовательныхъ его положеніяхъ, представляетъ фигура 53. Это свойство, движенія носа и кормы, при переднемъ и заднемъ ходѣ, очень важно знать и имѣть въ виду при маневрированіи въ узкостяхъ, между судами и въ особенности при употребленіи таранов.

## Практическіе результаты изслѣдованій качества поворотливости судовъ.

Всѣ изслѣдованія о поворотливости, выраженныя въ математической между собою зависимости, даютъ возможность заранѣе опредѣлять явленія поворотовъ въ числахъ, вѣсѣ и мѣрѣ. Такимъ образомъ оказывается, напримѣръ, что для увеличенія быстроты вращенія вдвое, нужно вращающіе моменты (произве-

деніе изъ вращающей силы на рычагъ вращенія), увеличить почти въ 8 разъ; чтобы утроить быстроту вращенія, т.-е. чтобы вмѣсто, положимъ, 9 минутъ корабль дѣлалъ полный поворотъ въ 3 минуты, нужно вращающій моментъ увеличить въ 27 разъ и т. д., то-есть вообще увеличеніе вращающаго момента должно происходить въ кубическомъ содержаніи противъ уменьшенія времени поворота.

Положимъ, что двухвинтовое судно, имѣя винты отъ діаметральной плоскости въ 5 футахъ, работаетъ каждымъ съ силою 130 пар. лош., но однимъ на передній ходъ, а другимъ на задній, и поворачиваетъ въ 6 минутъ. Вращающій моментъ равенъ $130.5+130.5=1300$ футо-паровыхъ силъ. Если машины начнутъ работать каждая съ силою 260 пар. лошад., то вращающій моментъ удвоится $260.5+260.5=2600$ футо-паровыхъ силъ, но полный поворотъ совершится не въ 3 минуты, а почти въ 4 минуты 48 секундъ. Для того же, чтобы взятый нами корабль описалъ 360° въ 3 минуты, т.-е. вдвое скорѣе первоначальной продолжительности, каждая машина должна работать, на пользу движенія впередъ или назадъ, съ силою около 520 паровыхъ лошадей. При той же вращающей силѣ быстрота поворота значительно возростетъ, если центръ вращенія будетъ въ плоскости мидель-шпангоута.

Напримѣръ, фрегатъ «Дмитрій Донской» при углѣ руля въ $26°50'$ и 5-ти узлахъ хода поворачивалъ въ 11 минутъ; если же онъ сохранялъ бы ту же вращающую силу и имѣлъ центръ вращенія въ плоскости мидель-шпангоута, то полный поворотъ совершился бы почти въ 6 минутъ и 2 секунды. Для достиженія же послѣдняго условія, вращенія на мѣстѣ, нужно чтобы вся сила движителя непосредственно шла на пользу вращенія и нисколько не подвигала корабль впередъ или назадъ. Если опытъ на швартовахъ въ гавани подтвердитъ этотъ выводъ, то всѣ проектируемыя средства, для ускоренія поворотливости, должны быть оцѣниваемы: 1) по величинѣ вращающей силы, 2) по тому, какъ дѣйствуетъ вращающая сила: на продольный

или поперечный рычагъ? и 3) по тому, будетъ ли ходъ во время поворота, или насколько онъ уменьшится противъ первоначальнаго. Опытъ же, для опредѣленія вліянія мѣста центра вращенія на быстроту поворота, легко произвести въ гавани надъ паровымъ барказомъ. На барказѣ, около форштевня, должна быть вынмная стойка; другое гнѣздо, на палубѣ, для этой стойки нужно имѣть въ плоскости миделя. Дымовая труба должна рубиться. Стойку, очевидно, необходимо сдѣлать выше кожуха трубы и всѣхъ наружныхъ предметовъ. Сначала закрѣпимъ на вершинѣ стойки, у форштевня, 4 швартова и проведемъ ихъ на пристань: впередъ, назадъ, вправо и влѣво, и прежде чѣмъ ихъ завернуть, туго вытянемъ. Потомъ положимъ руль на бортъ, послѣ чего дадимъ машинѣ равномѣрный ходъ и замѣтимъ время полнаго поворота. Остановивъ машину, но не трогая руля, перенесемъ стойку со швартовами въ гнѣздо на миделѣ и сдѣлавъ то-же самое, сравнимъ разность въ быстротѣ поворотовъ. Число оборотовъ винта должно быть одинаково въ обоихъ случаяхъ. Для уменьшенія тренія швартововъ на стойкѣ, лучше на ея вершинѣ, обитой желѣзомъ, имѣть желѣзный коушъ, на которомъ сдѣлать огонъ съ короткими шкентелями для ввязыванія швартововъ. Перленя, употребляемые на швартовы, слѣдуетъ брать достаточно подержанные, чтобы они во время опытовъ не вытягивались.

Соединеніе изслѣдованій о качествѣ поворотливости позволяетъ вычислять продолжительность поворота, чего до этого времени еще не было. Такъ, напримѣръ, фрегатъ «Дмитрій Донской» при 8 узлахъ и углѣ руля 23°:

| | | | |
|---|---|---|---|
| по наблюд. сдѣлалъ поворотъ въ | 8 м. 39 с.; | средн. діаметръ | 2126 ф. |
| по вычисл. » | » 8 м. 1 с.; | » | 1960 ф. |
| разность . . . . | — 38 с. | средн. діаметр. | 166 ф. |

т.-е. менѣе $^2/_3$ длины фрегата; не слѣдуетъ, однако, забывать, что фрегатъ производилъ опытъ при вѣтрѣ, который, какъ мы объ-

яснили выше, удлиняетъ циркуляцію; кромѣ того, направленіе воды, отбрасываемой винтомъ, было взято приближенно за неимѣніемъ точныхъ опытовъ. Въ другомъ опытѣ, при тѣхъ же обстоятельствахъ но при 5 узлахъ и углѣ руля 26°50′ поворотъ совершался въ 11 минутъ, а по вычисленію въ 12 м. 21 с. Разность около $^1/_{11}$ всей продолжительности поворота произошла отъ того, что при вычисленіяхъ мы принимали центръ вращенія у форштевня, тогда какъ въ дѣйствительности онъ находился нѣсколько позади его, отчего боковое сопротивленіе бываетъ меньше и поворотъ совершается скорѣе; но для вычисленій лучше брать худшія обстоятельства.

Двухвинтовая лодка «Смерчъ» при руля прямо и съ $8^1/_4$ узловъ передняго хода:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| по наблюденіямъ | сдѣлала | поворотъ | въ 6 м. | 8 с. |
| по вычисленіямъ | » | . . . | » 7 м. | 4 с. |
| | | Разность . . | » | » 56 с. |

«Смерчъ» поворачивалъ при вѣтрѣ и мы также принимали ось вращенія въ форштевнѣ, тогда какъ при уменьшившемся ходѣ онъ былъ удаленъ отъ него къ миделю, отчего поворотъ и былъ быстрѣе вычисленнаго.

«Смерчъ» однимъ рулемъ подъ угломъ 32° и при 8 узлахъ, при томъ же вѣтрѣ:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| по наблюденіямъ | сдѣлалъ | поворотъ | въ 4 м. | 28 с. |
| по вычисленіямъ | » | . . . | » 4 м. | 47 с. |
| | | Разность . . | » | 19 с. |

Въ приведенныхъ двухъ примѣрахъ надъ поворотливостью «Смерча», опытъ, самымъ наглядным образомъ, доказываетъ огромное преимущество производить поворотъ дѣйствуя вращающею силою на продольный рычагъ. «Смерчъ» двумя вин-

тами, при скорости $8^1/_4$ узловъ, поворотилъ въ 6 м. 8 с., тогда какъ поворачивая однимъ рулемъ, при 8 узлахъ, поворотъ совершился въ 4 м. 28 с.—на 1 м. 40 с. скорѣе; слѣдовательно, продольно-вращающій моментъ въ этомъ случаѣ болѣе чѣмъ въ $2^1/_2$ раза поперечно-вращающаго момента, т.-е., когда лодка поворачивала одними винтами. Къ этому нужно еще прибавить, что на «Смерчѣ» вода, отбрасываемая винтомъ начинаетъ бить въ руль только съ угла 17°. Это значитъ, что при углѣ въ 32° вода, отбрасываемая винтомъ дѣйствуетъ на очень небольшую часть руля (фиг. 54). Если къ приведенному наблюденію приложить цифры, то мы найдемъ, что центръ вращенія на «Смерчѣ», во второмъ опытѣ, отстоялъ отъ носового перпендикуляра (къ срединѣ судна) не болѣе, какъ на 22 ф. и продольный рычагъ вращенія былъ около 164 футъ, сила же руля равнялась почти 25 паровымъ лошадямъ, тогда какъ сила двухъ винтовъ, въ первомъ опытѣ была не менѣе 292 паровыхъ лошадей; но малый поперечный рычагъ, 11 футъ—разстояніе между винтами—и руль оставленный прямо, сдѣлали то, что первый опытъ продолжался на 1 м. 40 с. долѣе, чѣмъ второй—при поворотѣ однимъ рулемъ.

На основаніи сдѣланныхъ изысканій вычислена поворотливость строющагося корвета «Александръ Невскій».

**Таблица поворотливости строющагося корвета „Александръ Невскій“.**

| Скорость передъ поворотомъ въ узлахъ. | Уголъ руля. | Вѣроятный дрейфъ при поворотѣ. | Скорость во время поворота въ узлахъ. | Продолжительность поворота на 32 румба отъ момента, когда руль уже положенъ. | | Разность въ пользу поворота носомъ влѣво. | Длина кривой поворота. | Вѣроятный діаметръ циркуляціи. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | НОСОМЪ. | | | | |
| | | | | влѣво. мин. сек. | вправо. мин. сек. | сек. | въ футахъ. | въ саженяхъ. |
| 7 | 35° | носомъ влѣво 3° 44′*) вправо 3° 25′ | 5,38 | 8 36 | | | | |
| 8 | | | 6,15 | 7 33 | 7 40 | 7 | | |
| 9 | | | 6, 9 | 6 41 | | | | |
| 10 | | | 7,68 | 6 3 | 6 9 | 6 | | |
| 11 | | | 8, 4 | 5 30 | | | | |
| 12 | | | 9, 2 | 5 3 | 5 8 | 5 | | |
| 13 | | | 9,97 | 4 40 | | | | |
| 14 | | | 10, 7 | 4 20 | | | | |
| 15 | | | 11,49 | 4 3 | 4 7 | 4 | 4706 | 249 |
| 12 | 45° | — | — | 4 м. 43 с. | | — | — | — |

Приведенныя въ таблицѣ цифры ждутъ повѣрки въ будущемъ, но при этомъ нужно помнить, что вычисленіе сдѣ-

*) На англійскомъ броненосцѣ *Bellerophon* дрейфъ, равнялся при тѣхъ же обстоятельствахъ, 7°44′ по вычисленію.

лано для штиля и при дифферентѣ, площади и формѣ руля и размѣрахъ винта, которые корветъ имѣетъ теперь по чертежу. Уголъ, составляемый направленіемъ воды, отбрасываемой винтомъ, взятъ всего въ $1^1/_2^\circ$, потому что лопасти винта на корветѣ, для уменьшенія радіональнаго дѣйствія, будутъ вогнуты съ задней стороны.

Такъ какъ вычисленіе сдѣлано въ предположеніи, что центръ вращенія находится въ форштевнѣ, то быстрота поворота въ дѣйствительности можетъ оказаться нѣсколько большею.

### Діаграммы поворотливости.

Для лучшаго знакомства и болѣе ясной оцѣнки качества поворотливости судовъ флота могутъ служить 6 діаграммъ (фиг. 55). Изъ нихъ I, II, III опредѣляютъ поворотливость для того же корабля, а IV, V и VI относительное достоинство этого качества въ цѣломъ флотѣ или эскадрѣ, что необходимо для эволюцій. Если бы поворотливость на всѣхъ судахъ эскадры была уравнена, т.-е., если бы, при одинаковой скорости передъ поворотомъ и томъ же углѣ руля, всѣ суда поворачивали съ тою же быстротою, то IV, V и VI діаграммы обратились бы въ одну VII. Такое идеальное уравненіе поворотливости въ корабляхъ требуетъ: 1) чтобы площадь рулей соразмѣрялась съ площадью какого-нибудь одного судна, хотя бы существующаго только на чертежѣ, и 2) чтобы руль клался на бортъ на всѣхъ корабляхъ одинаково скоро и въ кратчайшій промежутокъ времени.

*Объ относительной и абсолютной площади руля.* Обыкновенно площадь руля, для вновь строющагося корабля, соразмѣряютъ съ діаметральною площадью и съ площадью мидель-шпангоута, но выше (стран. 34) мы доказали, что при назна-

ченіи площади руля, кромѣ этихъ двухъ сѣченій корабля, нужно еще сообразоваться и съ формою его подводной части, отъ которой зависитъ сопротивленіе воды при движеніи прямо, бокомъ и при вращеній. Но принимая во вниманіе и сопротивленіе воды, мы не можемъ непосредственно опредѣлить наивыгоднѣйшую площадь руля, не задавъ себѣ предварительно предѣльнаго угла, до котораго будемъ класть руль. Положивъ, что наибольшій уголъ будетъ, напримѣръ, 45°, можно помощью различныхъ математическихъ выкладокъ найдти, довольно близко наивыгоднѣйшую площадь руля; если эта площадь, напримѣръ, 150 кв. футъ, то это значитъ, что быстрѣйшій поворотъ взятаго корабля совершится при углѣ руля въ 45°. Если площадь будетъ менѣе или болѣе 150 кв. футъ, то и быстрѣйшій поворотъ совершится не при 45°, но при другомъ какомъ-нибудь углѣ. Такая площадь, какъ 150 футъ, при 45° называется *абсолютной* площадью руля. Понятно, что здѣсь говорится только о дѣйствующей части руля.

Вся площадь руля на фрегатѣ «Дмитрій Донской» равнялась 140 1/2 кв. футамъ. Часть его, подверженная дѣйствію винта, была 103 кв. фута, дѣйствію же воды, отъ хода корабля, подвергалось только 47 кв. футъ; слѣдовательно руль имѣлъ *дѣйствующей* площади всего 150 кв. футъ. Фрегатъ при 8 узлахъ хода и углѣ руля въ 23° описывалъ полную циркуляцію въ 8 минутъ. Чтобы, напримѣръ, строющійся корветъ «Александръ Невскій» поворачивался, при томъ же углѣ руля и той же скорости, въ тѣ же 8 минутъ, дѣйствующая его площадь должна быть около 129 кв. футъ. Эта площадь въ 129 кв. футъ и называется *относительною* плоскостью; при ней корветъ и фрегатъ, при всѣхъ равныхъ скоростяхъ и одинаковыхъ углахъ, совершали бы поворотъ въ то же число минутъ и секундъ. По чертежу вся площадь руля корверта равна 108,3 кв. футъ, а дѣйствующая 140 кв. футамъ; слѣдовательно, при одинаковой скорости передъ поворотомъ и

для той же быстроты вращенія, корветъ всегда клалъ бы руль на меньшій уголъ чѣмъ фрегатъ.

*О рулевыхъ апаратахъ.* Второе условіе для уравненія поворотливости на судахъ,—одинаковая продолжительность кладки руля на бортъ,—болѣе исполнимо въ томъ, чтобы руль клался какъ можно быстрѣе, а для этого сила рулеваго апарата должна соотвѣтствовать давленію воды на руль. Напримѣръ, на фрегатѣ «Дмитрій Донской» руль клался на якорѣ на правый бортъ всего на 25°, а на лѣвый бортъ на 32°; но до этихъ угловъ на ходу руль никогда не могъ быть положенъ, что доказывало несоразмѣрно слабое устройство рулевого апарата въ сравненіи съ площадью руля и величиною давленія воды на самый руль, давленія, которое очень быстро возрастаетъ при увеличивающемся ходѣ и при большемъ углѣ руля.

При 8 узлахъ и углѣ въ 23° давленіе на руль на «Дмитріѣ Донскомъ» равнялось 64 пар. лош.; а какъ эта сила дѣйствовала на рычагъ 3,52 фута *), то моментъ руля будетъ $64.3,52 = 225$ футо—пар. силъ. Румпеля, штуртросы, штурвалъ и, наконецъ, ручки на самомъ штурвалѣ, уменьшаютъ, черезъ передачу, эту силу до того, что рулевые кладутъ руль на бортъ, но сила эта при большемъ углѣ и большой скорости хода возрастаетъ на столько, что, несмотря на придаточные механизмы, рулевые не въ состояніи преодолѣть ее, отчего при обыкновенныхъ штурвалахъ обыкновенный руль кладется очень медленно, употребляя на это минуту или полторы и все же иногда можетъ не быть положенъ до своего наибольшего предѣла, несмотря на большое число рулевыхъ и ихъ усилія.

Вредными послѣдствіями этого бываетъ большая продолжительность поворота, увеличеніе дрейфа и растягиваніе кривой циркуляціи. Если въ парусныхъ судахъ, гдѣ руль дѣйствуетъ только вслѣдствіе хода корабля, нужно класть руль не очень

*) 3,52 фута есть разстояніе центра давленія воды на руль отъ рулевыхъ петель,—оси вращенія руля.

быстро, чтобы на болѣе долгое время сохранять ходъ, то въ винтовыхъ судахъ, для уменьшенія діаметра циркуляціи и меньшей продолжительности поворота, слѣдуетъ, совсѣмъ напротивъ, класть руль какъ можно быстрѣе. Къ счастію эта задача разрѣшена на практикѣ приспособленіемъ къ рулю механическаго рулеваго апарата, сократившаго время кладки руля до желаемой скорости. Такъ при 8 узлахъ батарея «Нетронь Меня» съ этимъ апаратомъ клала руль въ 7 секундъ, а фрегатъ «Князь Пожарскій» при той же скорости, но безъ механическаго апарата въ 70 секундъ. Очевидно, что положить руль на минуту скорѣе, значитъ на минуту сократить продолжительность поворота и на нѣсколько сотъ футъ сократить длину кривой. Польза этого до того громадна, что оставаться при обыкновенныхъ штурвалахъ, идя подъ парами, значитъ то же, что напримѣръ, носить дурно сшитые и дурно поставленные паруса.

Посредственность качества поворотливости въ нашихъ судахъ видна изъ слѣдующей таблицы:

## Таблица поворотливости броненосныхъ судовъ.

| ИМЕНА СУДОВЪ. | Скорость въ узлахъ. | Уголъ руля. | Продолжительность полнаго поворота. | |
|---|---|---|---|---|
| Севастополь . . . . . | 12 | 23 | 10м. | *) Такая поворотливость монитора „Лава“, построеннаго по одному чертежу съ другими мониторами, заслуживаетъ изслѣдованія. Тотъ же мониторъ при 6 узлахъ и углѣ руля въ 32° сдѣлалъ полный поворотъ въ 3 м. 20 сек. |
| Петропавловскъ . . . . . | 11,9 | 28 1/2 | 6—34 с. | |
| Первенецъ. . . . . | 9 | 32 | 4—30 | |
| Не тронь меня . . . . . | 8 | 27 | 4—45 | |
| Кремль. . . . . | 8 1/2 | 30 | 4—45 | |
| Адмиралъ Лазаревъ . . . . . | 11 | 37 | 5—30 | |
| Адмиралъ Грейгъ . . . . . | 11 | 35 | 5—45 | |
| Князь Пожарскій . . . . . | 10 1/2 | 29 | 7—50 | |
| Ураганъ. . . . . | 5 1/2 | 35 | 4—30 | |
| Тифонъ . . . . . | 6 3/4 | 28 | 5—30 | |
| Стрѣлецъ . . . . . | 6 1/2 | 27 | 5—11 | |
| Единорогъ. . . . . | 6 3/4 | 28 | 4—52 | |
| Броненосецъ. . . . . | 7 3/8 | 40 | 4—50 | |
| Латникъ. . . . . | 6 1/4 | 30 | 5— „ | |
| Лава. . . . . | 6 | 35 | 3—12*) | |
| Перунъ . . . . . | 5 3/4 | 30 | 5—35 | |
| Вѣщунъ. . . . . | 7 1/2 | 35 | 5— „ | |
| Колдунъ. . . . . | 7,9 | 32 | 5— „ | |
| Смерчъ . . . . . | 8 3/4 | 32 | 5— „ | |
| Русалка . . . . . | 9 | 34 1/2 | 6—30 | |
| Чародѣйка. . . . . | 8 1/2 | 42 | 5— „ | |
| Дмитрій Донской . . . . . | 8 | 23 | 8—39 | |
| Строющійся корветъ Александръ Невскій. . . . . | 12 | 35 | 5—3,4 | |

Необходимость рулевыхъ апаратовъ сдѣлается еще осязательнѣе если мы напомнимъ, что часъ битвы, для котораго, какъ выражено въ приказахъ начальника броненосной эскадры, клонится вся дѣятельность флота, для котораго дѣлаются всѣ милліонныя затраты государства, можетъ быть проигранъ только потому, что рулевые апараты не въ силахъ класть руль на бортъ очень быстро. Быстрота поворота, можетъ въ моментъ боя, съ избыткомъ вознаградить посредственную ходкость, которую на кораблѣ уже нельзя увеличить, между тѣмъ какъ быстроту поворота на нашихъ судахъ можно чувствительно улучшить 1) приспособленіемъ механическаго пароваго апарата, 2) увеличеніемъ угла руля гдѣ онъ не достигаетъ 40° или 45°, а на двухвинтовыхъ судахъ 90°, 3) приспособленіемъ, гдѣ можно, какъ на всѣхъ мониторахъ, имѣющихъ свѣсы,—передняго руля и 4) замѣною, гдѣ нельзя достаточно увеличить рулевой уголъ безъ большихъ передѣлокъ въ кормовой части,—обыкновеннаго руля, рулемъ Лумлея.

Такъ какъ всѣ предлагаемыя мѣры легко достижимы безъ сколько-нибудь значительныхъ затратъ, и какъ цѣль Морскаго Министерства состоитъ въ постройкѣ судовъ, которыя со славою могли бы поддержать достоинство и требованія Россіи передъ другими государствами, то можно надѣяться, что и въ построенныхъ уже судахъ поворотливость будетъ усилена на столько, что русскій флотъ превзойдетъ въ этомъ отношеніи флоты другихъ націй. Тогда въ случаѣ войны, если наши суда, по ограниченности своего хода, и не въ состояніи будутъ по произволу принять сраженіе или уклониться отъ него, то разъ вступивши въ бой можно быть увѣреннымъ, что *усиленная поворотливость*, вмѣстѣ съ боевыми и нравственными качествами флота, *доставитъ намъ побѣду.*

## ЗНАЧЕНІЕ БУКВЪ НА ЧЕРТЕЖАХЪ.

*ц* — центръ вращенія или центръ сопротивленія.

*с* — „ давленія воды на руль.

*т* — точка приложенія силы вѣтра.

*к* — „ „ давленія воды, отбрасываемой винтомъ на дейдвудъ.

*b* — центръ давленія воды на выдвижную плоскость (фиг. 3).

*д* — „ сопротивленія воды на корабль (фиг. 3), а точка *ц* на фигурѣ 3 *общій центръ сопротивленія* воды на корабль и на выдвижную плоскость.

*f* — центръ бокового давленія воды на подводную часть корабля.

*I* — метацентръ.

*п* — центръ парусности бизани (на фиг. 30).

*ац* — поперечный рычагъ вращенія (фиг. 2 и 3).

*тц* — тоже (фиг. 37).

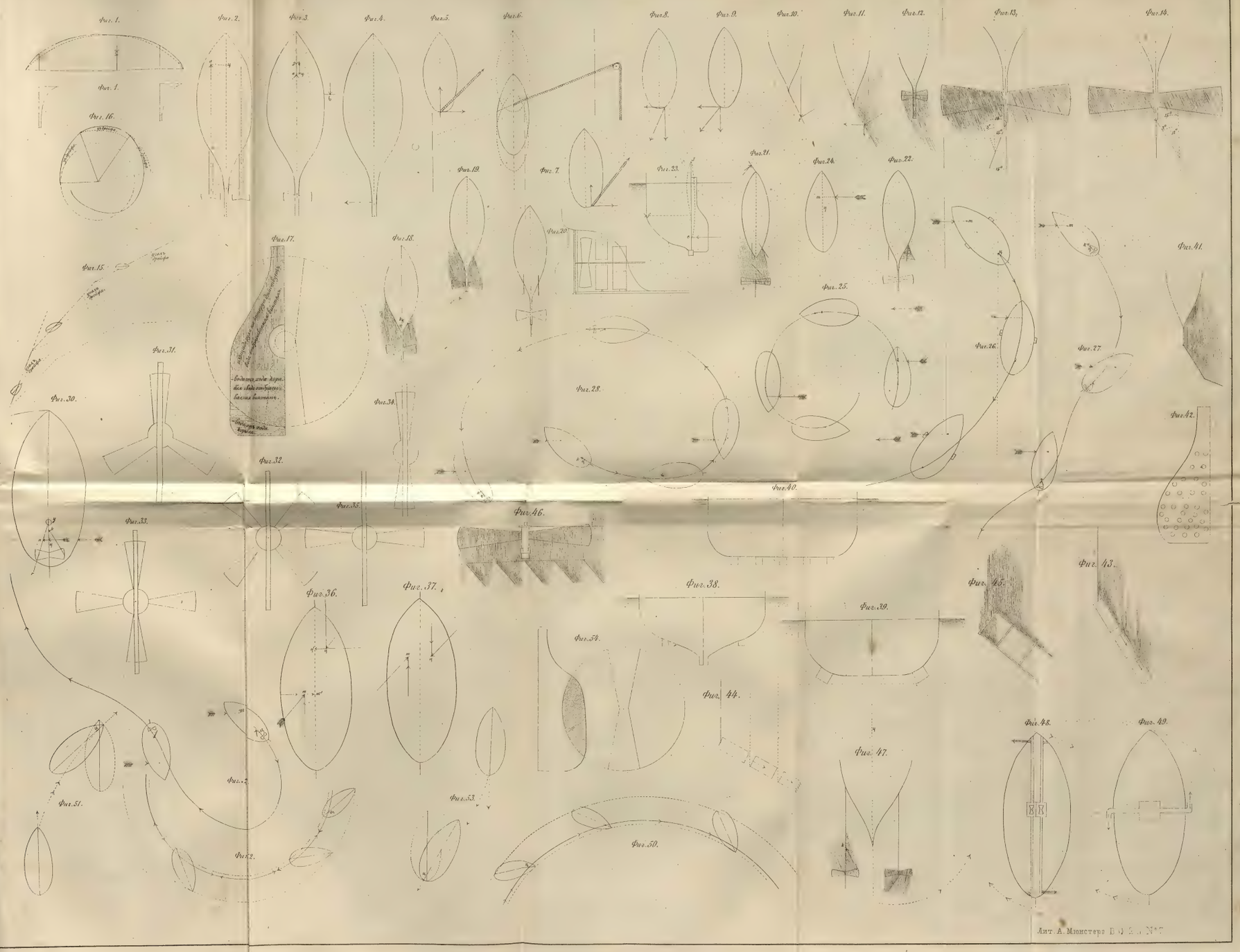
*lц* — продольный рычагъ вращенія (фиг. 4).

*кц* — тоже (фиг. 18).

*тц* — тоже ( „ 24).

*т'ц'* — тоже ( „ 36).

*yr* — бизань (фиг. 30).



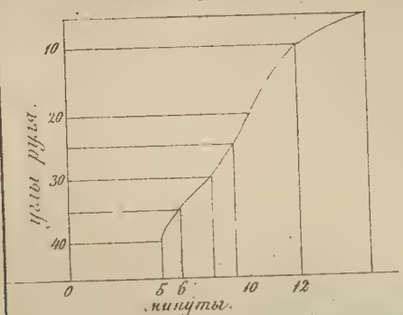

Лит. А. Мюнстера В. О. 2 л. № 7

Фиг. 55.

## Примѣрныя діаграммы полныхъ поворотовъ фрегата.

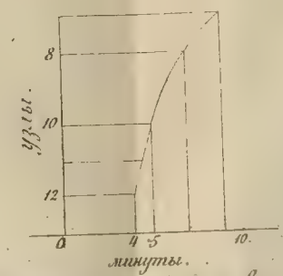
I

при 10 узлахъ.



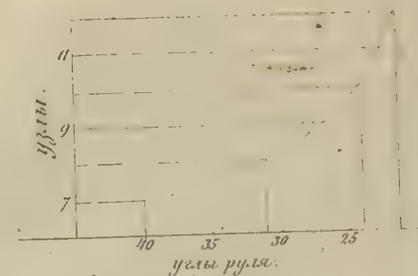

II

при углѣ руля въ 40°.




III

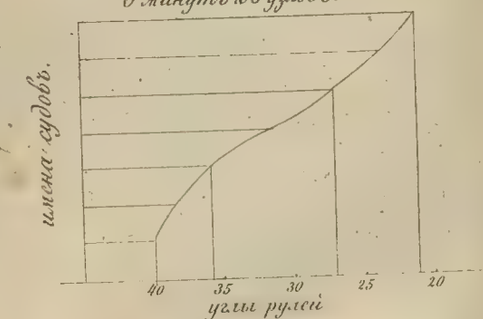
6 минутъ.




## Примѣрныя діаграммы полныхъ поворотовъ судовъ эскадры.

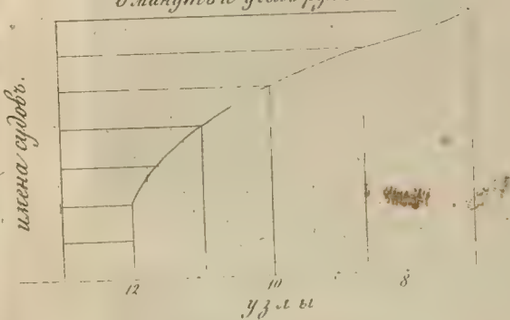
IV

6 минутъ и 8 узловъ.



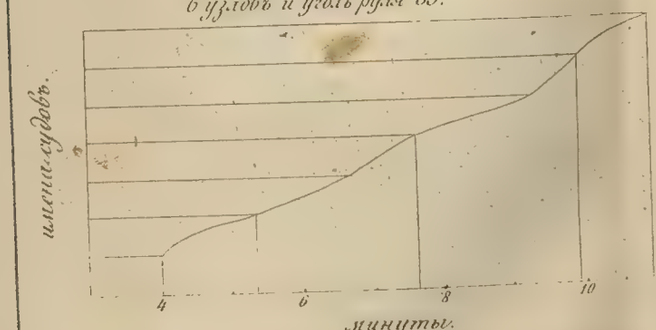

V

6 минутъ и уголъ руля 35°.



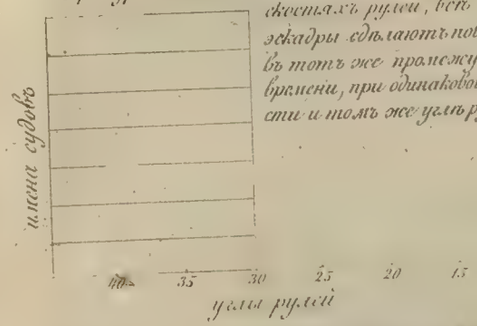

VI.

6 узловъ и уголъ руля 35°.




VII.

При уравненныхъ относительныхъ плоскостяхъ рулей, всѣ суда эскадры сдѣлаютъ поворотъ, въ тотъ же промежутокъ времени, при одинаковой скорости и томъ же углѣ руля.




Лит. А. Мюллера, В. С. 2 л. № 1